

57
H 34

ISSN 2078-2357

Наукові Записки

Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Серія: біологія



81 (3)
2021

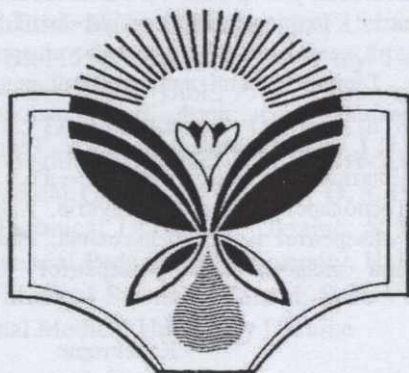
57
H34



Наукові записки

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

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



**81 (3)
2021**

Бібліотека Тернопільського
національного педагогічного
університету ім. В. Гнатюка



885373

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2021. Т. 81, № 3. 74 с.

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
від 28.09.2021 р. (протокол № 2)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

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

Заступники головного редактора:

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

О. Б. Столяр – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені 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 імені Володимира Гнатюка, Україна; **О. І. Боднар** – д.б.н., Тернопільський національний педагогічний університет імені 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 імені І. Я. Горбачевського, Україна; **А. І. Герц** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет імені 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 імені 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 імені Володимира Гнатюка, Україна; **В. Г. Кур'ята** – д.б.н., проф., Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського, Україна; **О. В. Лукаш** – д.б.н., проф., Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Україна; **Н. В. Пасечко** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, Україна; **С. В. Пида** – д. с-г.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені 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 імені 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 імені Ю. Федьковича, Україна; **В. О. Хоменчук** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна
(відповідальний секретар)

Коректори: О. С. Вербовета
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. М. ОПТАСЮК, І. Д. ГРИГОРЧУК
АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СІНАНТРОПНОЇ ФРАКЦІЇ ФЛОРИ МІСТА ДУНАЇВЦІ
(ХМЕЛЬНИЦЬКА ОБЛАСТЬ)..... 6
- О. В. ПРИГАРА
ГЕОГРАФІЧНА СТРУКТУРА ФЛОРИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ РІВНИНИ..... 13

БІОХІМІЯ

- М. І. САХАЦЬКИЙ, Ю. В. ОСАДЧА
БІОХІМІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ТА АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМІВ СИРОВАТКИ КРОВІ
КУРЕЙ ЗА ЗМІНИ ВИСОТИ РОЗТАШУВАННЯ КЛІТКОВИХ БАТАРЕЙ..... 18

ЕКОЛОГІЯ

- Л. Р. ГРИЦАК, О. Ю. МАЙОРОВА, М. З. ПРОКОП'ЯК, Н. М. ДРОБИК
СУЧАСНІ ПРИЧИНИ ФРАГМЕНТАЦІЇ АРЕАЛІВ ВИСОКОГІРНИХ ВИДІВ
РОДУ *GENTIANA* L..... 25
- О. М. МАРЧУК, С. С. ПОДОБІВСЬКИЙ, Л. Я. ФЕДОНЮК
ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСМІСИВНИХ ІНФЕКЦІЙ,
ЩО ПЕРЕДАЮТЬСЯ КЛІЩАМИ ТА КОМАРАМИ 33

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

- Г. Б. ГУМЕНЮК, В. О. ХОМЕНЧУК, О. Б. МАЦЮК, Р. Л. ЯВОРІВСЬКИЙ,
М. М. СОДОМОРА, Н. М. ДРОБИК
ПРОДУКТИВНІ ЯКОСТІ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО (*BRASSICA NAPUS* L.)..... 39
- Ю. М. ПАЛИВОДА, В. М. ГАВІЙ, О. Б. КУЧМЕНКО
ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ
М'ЯКОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ВОДНОГО
ДЕФІЦИТУ ЗА ДІЇ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК 44

ОГЛЯДИ

- І. Л. СУХОДОЛЬСЬКА, В. В. ГРУБІНКО
ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ 55

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

- О. С. ВОЛОШИН, В. В. ГРУБІНКО, Н. М. ДРОБИК
ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ТАЛАНОВИТОГО ПЕДАГОГА
І НАУКОВЦЯ ІВАНА ВАСИЛЬОВИЧА ШУСТА..... 70

БОТАНІКА

УДК 581.9 (477.54)

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.1

О. М. ОПТАСЮК, І. Д. ГРИГОРЧУК

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
вул. Огієнка, 61, Кам'янець-Подільський, 32300
e-mail: linum@ukr.net

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СІНАНТРОПНОЇ ФРАКЦІЇ ФЛОРИ МІСТА ДУНАЇВЦІ (ХМЕЛЬНИЦЬКА ОБЛАСТЬ)

У статті подано результати аналізу систематичної, біоморфологічної, географічної та екологічної структур апофітної та антропофітної складової синантропної фракції флори міста Дунаївці Хмельницької області. Конспект досліджуваної фракції флори нараховує 206 видів із 147 родів та 45 родин, із них 112 видів представлено антропофітами (54,4 %) та 94 – апофітами (45,6 %). Пропорція флори становить 1:3,3:4,6, середні числа видів у родині – 4,6, родовий коефіцієнт – 1,4. Десять провідних родин включають 138 видів (67,0 %) та 97 родів (66,0 %) флори регіону. У біоморфологічній структурі переважаючими групами є трав'янисті полікарпіки (88 видів, 43 %) і гемікриптофіти (107 видів, 52 %). Найширше представленими ареалогічними групами є голарктична – 51 вид і група космополітів – 48 видів. В екологічній структурі флори в складі геліоморф переважають геліофіти (112 видів, 54,4 %); у складі гігоморф – ксеромезофіти (98 видів, 47,6 %).

Ключові слова: флора, синантропна фракція, структура, Дунаївці.

У сучасній флорі природна і синантропна фракції знаходяться у відносинах складної взаємодії. Останніми десятиріччями велика увага приділяється проблемі синантропізації флори, особливо на територіях, де більшу частину площі займають антропогенно модифіковані та урбанізовані ландшафти, комунікаційні системи та деградовані природні екотопи. Тут відбувається формування синантропних флористичних комплексів, які є сукупністю антропофітів і залишків аборигенної флори, іммігрантів з інших флор земної кулі та видів культивованого походження. На території урбанізованого ландшафту діяльність людини є провідним фактором, що визначає структуру та властивості флори. Синантропізація є одним із найбільш виражених наслідків впливу різних антропогенних факторів на природну флору, про що йдеться в публікаціях багатьох сучасних ботаніків [1, 2, 5–7, 9, 10–13, 16, 24]. Унаслідок цього відбуваються якісні та кількісні зміни в її складі, втрачаються риси самобутності, збільшується участь широкоареальних видів. Збільшення адвентивного компоненту в регіональних флорах та прояв специфічного впливу на рослинний покрив різних видів, що відрізняються за ступенем адаптації до умов нової території, викликало необхідність побудови, а згодом і вдосконалення класифікаційних схем синантропних видів [7, 11–13, 16, 25, 26]. Міські екосистеми мають низку специфічних особливостей, які сприяють первинному занесенню та подальшому закріпленню тут видів адвентивних рослин; є осередками концентрації людей, виробничих потужностей і транспорту, які відіграють провідну роль у занесенні неаборигенних рослин [1, 8]. Аналіз літературних джерел показав, що на сьогодні накопичено великий обсяг інформації стосовно флори та рослинності окремих міст України, узагальнено та складено вітчизняну бібліографію

урбанофлористичних досліджень; ці дані потребують збереження, доповнення, узагальнення і будуть основою для подальших моніторингових досліджень [1, 5, 7, 11–13, 24, 26].

Метою роботи був аналіз синантропної фракції флори міста Дунаївці, цілеспрямованих досліджень якої на сьогодні не проводилось, а всі відомості про флору регіону є складовою загальних флористичних досліджень Поділля.

Матеріал і методи досліджень

Виявлення видів рослинного світу досліджуваної території, площею 12,84 км², проводили стаціонарним, напівстаціонарним, детально-маршрутним методами протягом 2016–2019 рр. Обстежено природні та антропогенно змінені ділянки придорожніх та лісових насаджень, покинутих полів, агроугідь, парків, узбіч доріг, смітників. До конспекту синантропної фракції флори м. Дунаївці, складеного на основі власних польових досліджень, вивчення літературних джерел і гербарних матеріалів, занесено види природної флори, а також ті, що здебільшого є культивованими, проте з певних причин на момент проведення досліджень фіксувалися поза межами свого культивування: на смітниках, узбіччях доріг, як бур'яни в агроландшафтах або у насадженнях різного господарського призначення. Камеральна обробка матеріалу проводилась згідно із загальноприйнятою методикою [15]. Ідентифікацію видів проведено за флорами і визначниками [3–4, 20–22]. Номенклатура таксонів подана за класифікацією S. Mosyakin, M. Fedoronchuk [27].

Біоморфологічна характеристика видів подана за К. Раункієром [28] та І. Г. Серебряковим [14]. Географічний аналіз проведений на основі регіонального підходу до класифікації типів арелів; використано схему типів ареалів Г. Вальтера, яка характеризує загальну конфігурацію поширення таксону [18]. При аналізі географічної структури синантропної фракції флори звертали увагу на належність ареалів видів до фітохоріонів, виділених А. Л. Тахтаджяном [17, 18]. Екологічна характеристика видів подана згідно екологічних шкал, прийнятих у «Екофлорі України» [4].

У конспекті виділено автохтонну та алохтонну фракції флори. Для апофітної фракції використали класифікацію В. В. Протопопової [11], для адвентивної – Ф. Шредера [30]. За часом занесення на територію України адвентивні види характеризували за класифікацією J. Kohns [25–26]. Статистичну обробку даних проводили у MS Excel 2007 [23].

Результати досліджень та їх обговорення

До «Конспекту синантропної фракції флори міста Дунаївці Хмельницької області» включено 206 видів із 147 родів та 45 родин, виявлених на території дослідження. Із них 112 видів представлено антропофітами (54,4 %) та 94 – апофітами (45,6 %). Серед апофітів на першому місці знаходяться геміапофіти (37 видів; 39,0 %), на другому – евапофіти (33; 3 %), на третьому – евентапофіти (24; 26,0 %). Серед антропофітів за ступенем натуралізації переважають епекофіти – 96 видів (86,0 %); значно менше агріофітів – 13 видів (12,0 %) та ефемерофітів – 3 види (3,0 %). Співвідношення між фракціями складає 1,2:1 на користь адвентивних рослин, що свідчить про перевагу процесів адвентизації над процесами апофітизації на території міста Дунаївці Хмельницької області.

До показників систематичної різноманітності відносять флористичні пропорції, а також співвідношення середньої кількості видів у роді, родині та середньої кількості родів у родині [6, 19]. Для досліджуваної флори ця пропорція становить 1:3,3:4,6, середні числа видів у родині – 4,6, родовий коефіцієнт становить 1,4. Низька видова насиченість, ймовірно, є наслідком розвитку флори в екстремальних умовах.

Ключовим показником систематичної структури флори є спектр провідних родин і родів, який відображає головні властивості флори. Встановлено, що розподіл родин за рівнем видового багатства досить нерівномірний, що характерно для всіх регіональних флор [6]. Десять провідних родин (табл. 1) включають 138 видів (67,0 %) та 97 родів (66,0 %) флори регіону. 35 родин не увійшли до списку провідних, із них 16 – є монотипними (35,5 % від загальної кількості родин).

Спектр провідних родин синантропної фракції флори міста Дунаївці Хмельницької області

№ з/п	Назва родини	Кількість видів	% від загальної кількості видів	Кількість родів	% від загальної кількості родів
1	<i>Asteraceae</i> Dumort.	41	30	29	30
2	<i>Lamiaceae</i> Lindl.	21	15	14	14
3	<i>Fabaceae</i> Lindl.	18	13	9	9
4	<i>Poaceae</i> Barnhart	15	11	12	12
5	<i>Scrophulariaceae</i> Juss.	10	7	6	6
6	<i>Rosaceae</i> Juss.	8	6	5	5
7	<i>Solanaceae</i> Adans.	7	5	5	5
8	<i>Apiaceae</i> Lindl.	6	4	5	5
9	<i>Boraginaceae</i> Juss.	6	4	6	6
10	<i>Brassicaceae</i> Burnett	6	4	6	6
	Всього	206	100	147	100

На першому місці знаходиться родина *Asteraceae* (41 вид, 30 % від загальної кількості видів), представлена практично у всіх біотопах регіону. Висока позиція родини в спектрі характерна і для синантропної флори України [11] та, загалом, є закономірною для більшості флор помірної частини всієї Голарктики [6, 19]. На другому і третьому місцях розташувалися родини *Lamiaceae* (21; 15 %) і *Fabaceae* (18; 13 %) відповідно, що вказує на спільні риси досліджуваної флори з південними, помірно теплими флорами. Родина *Poaceae* (15 видів (11,0 %) займає четверте місце в досліджуваній флорі, що свідчить і про зв'язок з бореальними флорами.

На п'ятому і шостому місцях знаходяться родини *Scrophulariaceae* (10; 7 %) і *Rosaceae* (8; 6 %), представники останньої поширені по усій земній кулі, але основна їх частина сконцентрована в помірній зоні північної півкулі. Родина *Solanaceae* займає сьоме місце (7; 5 %), ареал більшості видів якої лежить в Південній і Центральній Америці; в Україні трапляються переважно археофіти та кенофіти. Восьме, дев'яте і десяте місця займають, відповідно, родини *Apiaceae*, *Boraginaceae* та *Brassicaceae*, що вказує, ймовірно, на значний вплив середземноморського флористичного елемента на формування флори регіону.

Аналіз флори на родовому рівні показав, що домінують 15 родів (10,2 %) з найбільшою кількістю видів: *Trifolium* (5), *Lamium* (5), *Geranium* (4), *Helianthus* (3), *Solidago* (3), *Taraxacum* (3), *Euphorbia* (3), *Vicia* (3), *Galeopsis* (3), *Malva* (3), *Plantago* (3), *Avena* (3), *Potentilla* (3), *Galium* (3), *Verbascum* (3). Решта родів мають у своєму складі по два (24 роди, 16,3 %) та по одному (108 родів, 73,4 %) види. Гетерогенність є характерною рисою спектру родів досліджуваної фракції флори, оскільки до нього рівною мірою входять середземноморські, євросибірські та азійські роди.

Порівняльний аналіз досліджуваної флори із синантропною флорою України [11] показав подібність систематичних спектрів: спільними провідними родинними є *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Scrophulariaceae*, *Apiaceae*, *Boraginaceae*, *Brassicaceae*, які займають різні місця у спектрах, проте на першому місці в спектрі обох флор знаходиться родина *Asteraceae*.

У біоморфологічній структурі синантропної фракції флори м. Дунаївці, за класифікацією І. Г. Серебрякова [14], переважну більшість видів (174 види, 85 %) становлять трав'янисті рослини (табл. 2), серед них за тривалістю життєвого циклу переважають трав'янисті полікарпіки (88 видів, 43 %) над монокарпіками (86 видів, 42 %). Незначна частина однорічників (17 видів, 8 %) свідчить про спільні риси з аборигенною флорою. Решта груп складають меншість: дерева – 9 видів, кущі – 5 видів, ліани – 1 вид.

Серед адвентивних видів переважають трав'янисті монокарпіки (65 видів; 58,0 %) й трав'янисті полікарпіки (34; 30,4 %). На відміну від апофітів, деревна й чагарникова рослинність характеризуються більшим видовим багатством (8; 7,1 % і 4; 3,6 % відповідно). Ліани представлені одним видом (0,9 %) – *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. Серед

БОТАНІКА

життєвих форм апофітів переважають трав'янисті полікарпіки (54 види; 57,4 %) й трав'янисті монокарпіки (38; 40,4 %). Дерева і кущі представлені лише по одному виду (1,1 %).

Таблиця 2

Біоморфологічна структура синантропної фракції флори м. Дунаївці (Хмельницька область)

№ з/п		Кількість видів	% від загальної кількості видів
За класифікацією І. Г. Серебрякова (1962)			
1.	<i>Трав'янисті рослини:</i>	174	85
	<i>трав'янисті полікарпіки</i>	88	43
	<i>монокарпіки</i>	86	42
	<i>однорічники</i>	17	8
2.	<i>Дерева</i>	9	4,4
3.	<i>Кущі</i>	5	2,4
4.	<i>Ліани</i>	1	0,5
За класифікацією К. Раункієра (1934)			
1.	<i>Гемікриптофіти</i>	107	52
2.	<i>Терофіти</i>	82	40
3.	<i>Фанерофіти</i>	12	6
4.	<i>Хамефіти</i>	3	1,5
5.	<i>Криптофіти</i>	1	0,5
6.	<i>Геофіти</i>	1	0,5
	Всього	206	100

Згідно класифікації біологічних типів за К. Раункієром [28], більше половини синантропної фракції флори становлять гемікриптофіти (107 видів, 52 %); значними за кількістю видів є терофіти – 82 види (40 %), інші біологічні типи – фанерофіти, хамефіти, криптофіти та геофіти представлені 17 видами (8,2 %). Така ситуація пояснюється наявністю залишків корінних чагарникових ценозів та культивуванням у насадженнях. Серед антропофітів половина видів належить до терофітів (56 видів, 50 %), на другому місці знаходяться гемікриптофіти (41; 36,6 %), на третьому – фанерофіти (12; 10,7 %); два види *Vinca minor* L. та *Amorpha fruticosa* L. (1,8 %) є хамефітами, один – *Reynoutria japonica* Houtt криптофітом (0,9 %). Серед апофітів переважають гемікриптофіти (66 видів; 70,2 %) та терофіти (26; 27,7 %); фанерофіти (*Sambucus nigra* L.) і геофіти (*Gagea minima* (L.) Ker Gawl) мають по одному представнику (1,1 %).

Отже, результатом процесів урбанізації досліджуваної флори є підвищення частки трав'янистих полікарпиків та монокарпиків, гемікриптофітів та терофітів у складі антропофітів та апофітів.

Географічний аналіз досліджуваної синантропної фракції флори показав, що найширше представленими ареалогічними групами є голарктична – 51 вид, група космополітів – 48, палеарктична – 10, євразійська – 23, європейсько-середземноморська – 44, євросибірська – 10, північноамериканська – 12 видів. Інші групи представлені 1–3 видами.

Серед адвентивних рослин переважає група космополітів і гемікосмополітів – 33 види; на другому місці знаходиться група з голарктичним, суббореальним та циркумбореальним типами ареалу – 28 видів. Європейсько-середземноморський тип ареалу мають 9 видів; до складу усіх його підгруп (європейсько-середземноморсько-ірано-туранський, європейсько-середземноморсько-північно-американський, європейсько-середземноморсько-азіатський, європейсько-давньосередземноморський) належать ще 10 видів. Шість видів характеризуються палеарктичним ареалом, сім – євразійським, один – євросибірським.

Перше місце серед апофітів належать видам з групи ареалів голарктичного, суббореального та циркумбореального типу – 23 види. Друге і третє місця (16 видів) у видів, що мають євразійський та євросередземноморський ареал. Космополітним та гемікосмополітним типами ареалів характеризуються 15 видів-апофітів. Євросибірський тип ареалу мають 9 видів; палеарктичний, середземноморський, європейський, понтійський та

перехідна групи ареалів представлені 1–4 видами, що в сукупності складає 15 видів апофітів. Види із середземноморським і понтійським ареалом не трапляються серед адвентивних рослин, а є лише серед апофітів – по 3 види. Види з північноамериканським ареалом частіше трапляються серед адвентивних (11 видів), ніж серед апофітів (1 вид).

Таким чином, за результатами географічного аналізу встановлено, що за типом ареалу синантропні види рослин району досліджень належать до 36 типів ареалів, які об'єднані в 11 груп. Найширше представленими ареалогічними групами є голарктична, європейсько-середземноморська, група космополітів і гемікосмополітів, північно-американська.

Екологічна структура флори визначається сукупністю багатьох факторів, серед яких головну роль відіграють інтенсивність та довгота освітлення, а також гідрологічні умови. Аналіз екологічного спектру досліджуваної фракції флори (табл. 3) показав, що в складі геліоморф переважають геліофіти (112 видів, 54,4 %) та сціогеліофіти (81; 39,3 %), оскільки більшість синантропних рослин надають перевагу добре освітленим місцям. У складі гігроморф найбільше ксеромезофітів (98 видів, 47,6 %), які стійкі до засушливих умов, та мезофітів (81 вид, 39,3 %), що представлені в основному бур'янами.

Серед адвентивних видів суттєву більшість складають геліофіти (77 видів; 68,8 %); менше третини – сціогеліофіти (31; 27,7 %). Відносно зволоженості ґрунту перше місце займає категорія ксеромезофітів (63; 56,3 %), друге – мезофітів (37; 33,0 %). Решта груп гігроморф у своєму складі мають невелику кількість видів: мезоксерофіти (8; 7,1 %), гігрофіти (3; 2,7 %), ксерофіти (1; 0,9). Для апофітів, як і для усіх синантропних рослин, характерне переважання світлолюбних рослин, але, на відміну від адвентивних видів, у цій групі переважають сціогеліофіти (50; 53,2 %), дещо менше геліофітів (35; 37,2 %). Гігроморфи мають багато спільних рис із адвентивними видами: мезофітів (43; 45,7 %), ксеромезофітів (35; 37,2 %), мезоксерофітів (9; 9,6 %), гігрофітів (6; 6,4 %), ксерофітів (1; 1,1).

Таблиця 3

Екологічний спектр синантропної фракції флори міста Дунаївці Хмельницької області

Екоморфа	Екологічні групи	Кількість видів	% від загальної кількості видів
Геліоморфи	геліофіти	112	54,4
	сціогеліофіти	81	39,3
	геліосціофіти	8	3,9
	сціофіти	5	2,4
Гігроморфи	ксеромезофіти	98	47,6
	мезофіти	81	39,3
	мезоксерофіти	17	8,3
	гігрофіти	9	4,4
	ксерофіти	1	0,5
Всього		206	100

Висновки

Синантропна фракція флори міста Дунаївці Хмельницької області налічує 206 видів рослин, що належать до 45 родин та 147 родів; із них 112 видів є антропофітами та 94 – апофітами. Загальними рисами досліджуваної флори є переважання трав'янистих полікарпиків, гемікриптофітів; ксеромезофітів; геліофітів; видів з голарктичним типом ареалу. Серед інвазійних видів рослин міста найбільшою агресивністю росту характеризується *Acer negundo* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Amaranthus retroflexus* L., *Solidago canadensis* L.

Дослідження та аналіз синантропної фракції флори, виявлення тенденцій її розвитку, шляхів поширення є необхідними для подальших моніторингових досліджень можливих змін у рослинному покриві під дією антропогенних пресфакторів.

1. Аркушина Г. Ф. Урбанofлора Кіровограда : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05. Ялта, 2007. 20 с.
2. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. Київ : Наук. думка, 1991. 167 с.
3. Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. Определитель высших растений Украины. Киев : Наук. думка, 1987. 540 с.
4. Екофлора України: у 5 т. / відп. ред. Я. П. Дідух. Київ : Фітосоціоцентр, 2000-2010. Т. 1-3, 5, 6.
5. Зав'ялова Л. В. Систематична структура урбанofлори Чернігова. *Укр. ботан. журн.* 2010. 67. № 1. С. 71-78.
6. Заверуха Б. В. Флора Волино-Подолії і її генезис. Київ : Наук. думка, 1985. 192 с.
7. Ильминских Н. Г. Обзор работ по флоре и растительности городов. *Географ. вестн.* 2011. № 1 (16). С. 49-65.
8. Краснова А. Н. Очерк флоры Северного Приазовья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.05. Киев, 1974. 28 с.
9. Кучеревський В. В. Конспект флори Правобережного степового Придніпров'я. Дніпропетровськ : Проспект, 2004. 292 с.
10. Мойсієнко І. І. Флористичне багатство та систематична структура флори Північного Причорномор'я. *Чорноморський ботан. журн.* 2013. 9 (1). С. 41-56.
11. Протопопова В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Київ : Наук. думка, 1991. 204 с.
12. Протопопова В. В., Мосякин С. Л., Шевера М. В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ : Ін-т бот. ім. М. Г. Холодного НАН України, 2002. 32 с.
13. Протопопова В. В., Шевера М. В. Фітоінвазії. II. Аналіз основних класифікацій, схем і моделей. *Промышленная ботаника.* 2012. Вып. 12. С. 88-95.
14. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Москва : Высшая школа, 1962. 378 с.
15. Скворцов А. К. Гербарий. Пособие по методике и технике. Москва : Наука, 1997. 199 с.
16. Соломаха В. А., Костильов О. В., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Синантропна рослинність України. Київ : Наукова думка, 1992. 252 с.
17. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Ленинград : Наука, 1978. 248 с.
18. Толмачев А. И. Введение в географию растений. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. 244 с.
19. Толмачев А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск : Наука, 1986. 195 с.
20. Флора европейской части СССР / Отв. ред. А. А. Федоров. Ленинград : Наука, 1974-1994. Т. 1-8.
21. Флора СССР. Москва - Ленинград : Изд-во АН СССР, 1934-1960. Т. 1-30.
22. Флора УРСР. Київ : Вид-во АН УРСР, 1936-1965. Т. 1-12.
23. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
24. Юрцев Б. А. Флора Сунгар-Хаята. Ленинград : Наука, 1968. 235 с.
25. Kornas J. Geograficzno-historyczna klasyfikacja roślin synantropijnych. *Mater. Zakl. Fitosocjol. Stos. UW.* 1968. Т. 25. Р. 33-41.
26. Kornas J. Remarks on the analysis of a synantropic flora. *Acta Bot. Slovaca A.* 1978. Р. 385-394.
27. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist. Kiyv : M.G. Kholodny Institute Botany, 1999. 345 p.
28. Raunkiaer C. Life forme of plants and statical plant geography. New York-London, 1934. 352 p.

References

1. Arkushyna H. F. Urbanoflora Kirovohrada : avtoref. dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.05, Yalta, 2007. 20 s. [in Ukrainian]
2. Burda R. I. Antropogennaia transformatsiia flory. Kiiiv : Nauk. dumka, 1991. 167 s. [in Russian]
3. Dobrochaeva D. N., Kotov M. I., Prokudin Iu. N. i dr. Opredelitel' vysshikh rasteniy Ukrainy. Kiev : Nauk. dumka, 1987. 540 s. [in Russian]
4. Ekoflora Ukrainy: u 5 t. / vidp. red. Ya. P. Didukh. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 2000-2010. Т. 1-3, 5, 6. [in Ukrainian]
5. Zaviialova L. V. Systematychna struktura urbanoflory Chernihova. *Ukr. botan. zhurn.* 2010. 67. No1. S. 71-78. [in Ukrainian]
6. Zaverukha B. V. Flora Volyno-Podolii i ee genезis. Kiiiv : Nauk. dumka, 1985. 192 s. [in Russian]
7. Il'minskikh N. G. Obzor rabot po flore i rastitel'nosti gorodov. *Geograf. vestn.* 2011. No 1 (16). S. 49-65. [in Russian]
8. Krasnova A. N. Oчерk flory Severnogo Priazov'ia: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk : 03.00.05, Kiev, 1974. 28 s. [in Russian]

9. Kucherevs'kiy V. V. Konspekt flori Pravoberezhnogo stepovogo Pridniprov'ia. Dnipropetrovs'k : Prospekt, 2004. 292 s. [in Ukrainian]
10. Moysiienko I. I. Florystychnе bahatstvo ta systematychna struktura flory Pivnichnoho Prychornomor'ia. Chornomors'kyy botan. zhurn. 2013. 9 (1). S. 41-56. [in Ukrainian]
11. Protopopova V. V. Synantropnaia flora Ukrainy u puty ee razvytyia. Kyiv : Nauk. dumka, 1991. 204 s. [in Ukrainian]
12. Protopopova V. V., Mosiakyn S. L., Shevera M. V. Fitoinvazii v Ukraini iak zahroza bioriznomanittiu: suchasnyy stan i zavdannia na maybutnie. Kyiv : In-t bot. im. M. H. Kholodnoho NAN Ukrainy, 2002. 32 s. [in Ukrainian]
13. Protopopova V. V. Shevera M. V. Fitoinvazii. II. Analiz osnovnykh klasyfikatsiy, skhem i modeley. Promyshlennaia botanyka. 2012. Выр. 12. S. 88-95. [in Ukrainian]
14. Serebriakov I. G. Ekologicheskaiа morfologiia rasteniy. Moskva : Vysshaia shkola, 1962. 378 s. [in Russian]
15. Skvortsov A. K. Gerbariy. Posobie po metodike i tekhnike. Moskva : Nauka, 1997. 199 s. [in Russian]
16. Solomakha V. A., Kostyl'ov O. V., Sheliah-Sosonko Yu. R. Synantropna roslynnist' Ukrainy. Kyiv : Naukova dumka, 1992. 252 s. [in Ukrainian]
17. Takhtadzhan A. L. Floristicheskie oblasti Zemli. Leningrad : Nauka, 1978. 248 s. [in Russian]
18. Tolmachev A. I. Vvedenie v geografiu rasteniy. Leningrad : Izd-vo Leningr. un-ta, 1974. 244 s. [in Russian]
19. Tolmachev A. I. Metody sravnitel'noy floristiki i problemy florogeneza. Novosibirsk : Nauka, 1986. 195 s. [in Russian]
20. Flora evropeyskoy chasti SSSR / Otv. red. An .A. Fedorov. Leningrad : Nauka, 1974-1994. T. 1-8. [in Russian]
21. Flora SSSR. Moskva – Leningrad : Izd-vo AN SSSR, 1934-1960. T. 1-30. [in Russian]
22. Flora URSS. Kyiv : Vyd-vo AN URSS, 1936-1965. T. 1-12. [in Ukrainian]
23. Shmidt V. M. Matematicheskie metody v botanike. Leningrad : Izd-vo Leningr. un-ta, 1984. 288 s. [in Russian]
24. Iurtsev B. A. Flora Suntar-Khaiata. Leningrad : Nauka, 1968. 235 s. [in Russian]
25. Kornas J. Geograficzno-historyczna klasyfikacia roslin synantropijnych. *Mater. Zakl. Fitosocjol. Stos. UW.* 1968. T. 25. P. 33-41.
26. Kornas J. Remarks on the analysis of a synantropic flora. *Acta Bot. Slovaca A.* 1978. P. 385-394.
27. Mosyakin S. L. Fedoronchuk M. M. Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist. Kyiv : M.G. Kholodny Institute Botany, 1999. 345 p.
28. Raunkiaer C. Life forma of plants and statical plant geography. New York-London, 1934. 352 p.

O. M. Optasyuk, I. D. Hrygorchuk

Ivan Ogiyenko Kamyanets-Podilsky National University, Ukraine

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE SYNANTHROPIC FRACTION OF FLORA OF DUNAIVTSI (KHMELNYTSKY REGION)

The article presents the results of the analysis of the systematic, biomorphological, geographical and ecological structures of the apophytic and anthropophytic components of the synanthropic fraction of the flora of the town of Dunaivtsi, Khmelnytsky region. Identification of species of the study area was carried out by stationary, semi-stationary, detailed route methods throughout 2016-2019. The research was carried out on natural and anthropogenically altered areas of roadside and forest plantations, abandoned fields, agricultural lands, parks, roadsides, dumps. The summary of the synanthropic fraction of flora in Dunaivtsi includes species of natural flora, as well as those that are mostly cultivated, but for some reason at the time of the study were recorded outside their cultivation: in landfills, roadsides, as weeds in agricultural landscapes or in plantations of different economic purposes.

The Floristic list includes 206 species of 147 genera and 45 families, of which 112 species are represented by anthropophytes (54.4 %) and 94 – apophytes (45.6%). Among apophytes at the top there are hemiapophytes (37 species; 39.0 %), followed by evapophytes (33 species; 3 %), then eventapophytes (24 species; 26.0 %). Among anthropophytes, epecophytes predominate in terms of the degree of naturalization – 96 species (86m0 %); significantly fewer agriophytes – 13 species (12.0 %) and ephemeroxytes – 3 species (3.0 %).

The ratio between the fractions is 1,2:1 in favor of adventitious plants, which indicates the superiority of adventitization processes over apophytization processes in the town of Dunaivtsi, Khmelnytsky region.

The proportion of the studied flora is 1: 3,3: 4,6, the average number of species in the family is 4.6, the generic coefficient being 1.4. The ten leading families include 138 species (67.0 %) and 97 genera (66.0 %) of the region's flora.

In the biomorphological structure of the synanthropic fraction of flora of Dunaivtsi, according to the classification of I. G. Serebryakov, the vast majority of species (174 species, 85 %) are herbaceous plants, among them the duration of the life cycle is slightly dominated by herbaceous polycarpics (88 species, 43 %) over monocarpics (86 species, 42 %). According to the classification of biological types of K. Raunkier, more than half of the synanthropic fraction of flora are hemicryptophytes (107 species, 52 %); significant in number of species are therophytes – 82 species (40 %), and phanerophytes, hamephytes, cryptophytes and geophytes are represented by 17 species (8.2 %).

Geographical analysis of the studied synanthropic fraction of flora showed that the widest represented areological groups are Holarctic – 51 species, group of cosmopolitans – 48, Palearctic – 10, Eurasian – 23, Euro-Mediterranean – 44, Euro-Siberian – 10, North American – 12 species. The ecological structure of the flora in the composition of heliomorphs is dominated by heliophytes (112 species, 54.4 %); in the composition of hygromorphs – xeromesophytes (98 species, 47.6 %).

It was found that among the invasive species of the town, the most aggressive growth is characterized by *Acer negundo* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Amaranthus retroflexus* L., *Solidago canadensis* L.

Keywords: flora, synanthropic fraction, structure, Dunaivtsi.

Надійшла 11.08.2021.

УДК 581.9 (477)

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.2

О. В. ПРИГАРА

Ужгородський національний університет
вул. Українська, 19, Ужгород, 88000
e-mail: opryhara@mail.ru

ГЕОГРАФІЧНА СТРУКТУРА ФЛОРИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ РІВНИНИ

У статті наведено результати аналізу географічної структури флори Закарпатської рівнини. Виявлено, що за географічним поширенням види флори досліджуваного регіону розподілені на 16 типів ареалів. Провідне місце в географічному спектрі флори займають види з голарктичним (131), євразійським (426), євразійсько-середземноморським (138), європейським (144) типом ареалів. Встановлено наявність автохтонного ядра флори, що включає закарпатські рівнинні та паннонські ендемічні та субендемічні види, показано географічні зв'язки досліджуваної флори з Паннонським центром флори та флорами Середземномор'я.

Ключові слова: регіональна флора, географічний аналіз флори, ареал виду, тип ареалу, Закарпатська рівнина.

Важливою складовою частиною вивчення флори певного регіону є дослідження особливостей географічного поширення видів, які її складають. Географічний аналіз розкриває генетичні та історичні зв'язки видів флори досліджуваного регіону, загальні риси їх географічного поширення, дає можливість визначити належність флори до певного флористичного виділу в системі фітохоріонів.

The ratio between the fractions is 1,2:1 in favor of adventitious plants, which indicates the superiority of adventitization processes over apophytization processes in the town of Dunaivtsi, Khmelnytsky region.

The proportion of the studied flora is 1: 3,3: 4,6, the average number of species in the family is 4.6, the generic coefficient being 1.4. The ten leading families include 138 species (67.0 %) and 97 genera (66.0 %) of the region's flora.

In the biomorphological structure of the synanthropic fraction of flora of Dunaivtsi, according to the classification of I. G. Serebryakov, the vast majority of species (174 species, 85 %) are herbaceous plants, among them the duration of the life cycle is slightly dominated by herbaceous polycarpics (88 species, 43 %) over monocarpics (86 species, 42 %). According to the classification of biological types of K. Raunkier, more than half of the synanthropic fraction of flora are hemicryptophytes (107 species, 52 %); significant in number of species are therophytes – 82 species (40 %), and phanerophytes, hamephytes, cryptophytes and geophytes are represented by 17 species (8.2 %).

Geographical analysis of the studied synanthropic fraction of flora showed that the widest represented areological groups are Holarctic – 51 species, group of cosmopolitans – 48, Palearctic – 10, Eurasian – 23, Euro-Mediterranean – 44, Euro-Siberian – 10, North American – 12 species. The ecological structure of the flora in the composition of heliomorphs is dominated by heliophytes (112 species, 54.4 %); in the composition of hygromorphs – xeromesophytes (98 species, 47.6 %).

It was found that among the invasive species of the town, the most aggressive growth is characterized by *Acer negundo* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Amaranthus retroflexus* L., *Solidago canadensis* L.

Keywords: flora, synanthropic fraction, structure, Dunaivtsi.

Надійшла 11.08.2021.

УДК 581.9 (477)

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.2

О. В. ПРИГАРА

Ужгородський національний університет
вул. Українська, 19, Ужгород, 88000
e-mail: opryhara@mail.ru

ГЕОГРАФІЧНА СТРУКТУРА ФЛОРИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ РІВНИНИ

У статті наведено результати аналізу географічної структури флори Закарпатської рівнини. Виявлено, що за географічним поширенням види флори досліджуваного регіону розподілені на 16 типів ареалів. Провідне місце в географічному спектрі флори займають види з голарктичним (131), євразійським (426), євразійсько-середземноморським (138), європейським (144) типом ареалів. Встановлено наявність автохтонного ядра флори, що включає закарпатські рівнинні та паннонські ендемічні та субендемічні види, показано географічні зв'язки досліджуваної флори з Паннонським центром флори та флорами Середземномор'я.

Ключові слова: регіональна флора, географічний аналіз флори, ареал виду, тип ареалу, Закарпатська рівнина.

Важливою складовою частиною вивчення флори певного регіону є дослідження особливостей географічного поширення видів, які її складають. Географічний аналіз розкриває генетичні та історичні зв'язки видів флори досліджуваного регіону, загальні риси їх географічного поширення, дає можливість визначити належність флори до певного флористичного виділу в системі фітохоріонів.

Поширення кожного виду є неповторним, у зв'язку з чим неможливим є створення єдиної загальновизнаної класифікації ареалів [9]. Залежно від специфіки досліджуваної флори та поставлених завдань, використовуються різні класифікаційні схеми та критерії об'єднання видів за особливостями їх поширення [2]. Метою нашого дослідження було вивчити з хорологічних позицій характер флори Закарпатської рівнини та з'ясувати напрямки сучасного розвитку флори досліджуваного регіону.

Матеріал і методи досліджень

В основу географічного аналізу флори Закарпатської рівнини нами покладене сучасне поширення рослин із врахуванням флористичного районування Землі А. Л. Тахтаджяна [8], флористичного районування території України Б. В. Заверухи [3] з деякими змінами та доповненнями, які дали можливість точніше відобразити хорологічні особливості досліджуваної флори [2, 5, 7, 9].

Ареали видів визначалися за атласами та даними про їх поширення з Флор, визначників та інших публікацій [1, 4, 6, 10, 11, 12, 13].

Результати досліджень та їх обговорення

Видовий склад флори судинних рослин Закарпатської рівнини налічує близько 1209 видів [7], які за сучасним географічним поширенням належать до 16 типів ареалів.

Кількісні співвідношення видів, отримані на основі їх розподілу за основними типами ареалів, відображені в географічному спектрі флори, який наведено в табл.

Таблиця

Географічна структура флори Закарпатської рівнини

Тип географічних ареалів	Кількість видів	Відсоток від заг. к-сті видів
Поліконтинентальний	85	7,03
Голарктичний	131	10,84
Євразійський	426	35,24
Євразійсько-середземноморський	138	11,41
Європейський	144	11,91
Європейсько-середземноморський	46	3,80
Центральноевропейський	61	5,05
Центральноевропейсько-середземноморський	45	3,72
Атлантичноєвропейсько-середземноморський	24	1,98
Середземноморсько-понтічно-паннонський	36	2,98
Понтічно-паннонський	44	3,64
Балкано-понтічно-паннонський	6	0,50
Балкано-паннонський	9	0,74
Карпато-балкано-паннонський	3	0,25
Паннонський	5	0,41
Закарпатський	6	0,50
Разом	1209	100

Поліконтинентальний тип ареалів відповідає плурирегіональному або космополітному. Види з названим типом ареалів складають 7,03 % видового складу флори регіону. Це такі широко розповсюджені види: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Alisma plantago-aquatica* L., *Lemna minor* L., *Potamogeton crispus* L., *P. compressus* L., *P. natans* L., *Convolvulus arvensis* L., *Equisetum arvense* L., *Potentilla reptans* L., *Anagalis arvensis* L., *Rumex acetosa* L., *R. acetosella* L., *Sinapis arvensis* L., *Urtica urens* L., *Potentilla reptans* L., *Lythrum hyssopifolia* L., *Geranium robertianum* L., *Veronica serpyllifolia* L., *Verbena officinalis* L. та інші.

Голарктичний тип ареалів охоплює всю або більшу частину території Голарктики. Сюди входять циркумполярні види, які у флорі досліджуваного регіону складають 10,84 %: *Caltha palustris* L., *Myosurus minimus* L., *Ranunculus sceleratus* L., *Viola palustris* L., *Viburnum opulus* L., *Rubus idaeus* L., *Moneses uniflora* (L.) A.Gray, *Lycopodium annotinum* L., *Equisetum palustre* L.,

Poa palustris L., *Cardamine pratensis* L., *Veronica scutellata* L., *Artemisia vulgaris* L., *Carex cinerea* Pall., *C. pallescens* L., *C. vesicaria* L. та інші.

Євразійський тип ареалів включає види, які поширені на території Євразії (35,24 % видового складу флори): *Leontodon autumnalis* L., *Senecio nemorensis* L., *S. paludosus* L., *Poa nemoralis* L., *P. bulbosa* L., *P. angustifolia* L., *Glechoma hederaceae* L., *Nepeta pannonica* L., *Ajuga genevensis* L., *Scrophularia nodosa* L., *Veronica officinalis* L., *V. arvensis* L., *V. spicata* L., *V. incana* L., *Spiraea media* (Frz. Schmidt), *Cerasus fruticosa* Woron., *Prunus spinosa* L., *Genista elata* (Moench) Wench., *Vicia angustifolia* L., *V. cracca* L., *V. sordida* Waldst. et Kit., *Trifolium pretense* L., *T. repens* L. та інші.

Євразійсько-середземноморський тип ареалів включає види з ареалами, які охоплюють позатропічну частину Євразії та Північну Африку. Види з названим типом ареалів складають 11,41 % видового складу досліджуваної флори. Серед них: *Sedum maximum* Hoffm., *Lathyrus tuberosus* L., *L. sylvestris* L., *Filago arvensis* L., *F. vulgaris* Lam., *Fumaria officinalis* L., *F. schleicheri* Soy.-Willem., *Thlaspi arvense* L., *Reseda lutea* L., *Cardamine impatiens* L., *C. parviflora* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Melica nutans* L., *Lapsana communis* L., *Betonica officinalis* L., *Dictamnus albus* L., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Verbascum blattaria* L., *V. densiflorum* Bertol. та інші.

Європейський тип ареалів об'єднує види, поширені на Європейському континенті (11,91 %): *Ajuga reptans* L., *Euonymus europaea* L., *Acer tataricum* L., *A. campestre* L., *Corylus avellana* L., *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Mattuscka) Liebl., *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus laevis* Pall., *Euphorbia stricta* L., *Eu. lucida* Waldst. et Kit., *Loranthus europaeus* Jacq., *Dianthus armeria* L., *D. carthusianorum* L., *Rosa dumalis* Bechst., *R. elliptica* Tausch, *R. canina* L., *R. corymbifera* Borkh., *Rubus hirtus* Waldst. et Kit., *Fragaria viridis* Duch., *Alchimilla gracilis* Opiz, *Trifolium alpestre* L. та інші.

Європейсько-середземноморський тип ареалів включає види з ареалами, що охоплюють Європу, Кавказ, Середземномор'я (3,80 %): *Quercus cerris* L., *Q. dalechampii* Ten., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Staphylea pinnata* L., *Galanthus nivalis* L., *Geranium sanguineum* L., *Salvia pratensis* L., *Anchusa officinalis* L., *Carlina biebersteinii* Bernh., *Inula conyza* DC., *Ligustrum vulgare* L., *Rosa rubiginosa* L., *R. agrestis* Savi, *Dianthus deltoides* L., *Euphorbia amygdaloides* L. та інші.

Центральноевропейський тип ареалів включає види з ареалами у Центральній Європі (5,05 %): *Tilia platyphyllos* Scop., *Rosa pendulina* L., *R. czackiana* Bess., *Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Vicia pisiformis* L., *V. dumetorum* L., *Pulmonaria obscura* Dum., *Veronica ausriaca* L., *Achillea distans* Waldst. et Kit., *Potentilla leucotricha* Borb., *Thesium linophyllum* L., *Thymus ovatus* Mill., *Chamaecytisus leucotrichus* (Schur.) Czer., *Genista germanica* L., *Lembotropis nigricans* (L.) Griseb., *Crataegus lindmanii* Hrabetova-Uhrova, *C. laevigata* (Poir.) DC., *Rosa czackiana* Bess. та інші.

Центральноевропейсько-середземноморський тип ареалів включає види з ареалами в Центральній Європі та Середземномор'ї (3,72 %): *Fraxinus ornus* L., *Dorycnium suffruticosum* Vill., *Clematis vitalba* L., *Rubus candicans* Weihe, *Rosa micrantha* Smith, *R. agrestis* Savi, *R. rubiginosa* L., *Prunella laciniata* L., *Allium vineale* L., *A. sphaerocephalon* L., *Sedum sexangulare* L., *Euphorbia platyphyllos* L., *Saxifraga bulbifera* L., *Cornus mas* L. та інші.

Атлантичноєвропейсько-середземноморський тип ареалів складають види з ареалами в Атлантичній та Центральній Європі і Середземномор'ї (1,98 %): *Dipsacus pilosus* L., *Viola odorata* L., *Thlaspi alliaceum* L., *Ludwigia palustris* (L.) Ell., *Sarothamnus scoparius* (L.) Koch, *Trifolium striatum* L., *Hedera helix* L., *Primula vulgaris* Huds., *Geranium pyrenaicum* L., *Leucosium aestivum* L., *Vicia lathyroides* L., та інші.

Середземноморсько-понтічно-паннонський тип ареалів складають види з ареалами в Середньодунайській низовині, Причорномор'ї та Середземномор'ї (2,98 %): *Glechoma hirsuta* Waldst. et Kit., *Melica picta* C. Koch., *Nepeta ucrainica* L., *Vicia pannonica* Crantz, *Trifolium pannonicum* Jacq., *T. versiculosum* Savi, *Anchusa pseudochoroleuca* Shost., *A. italica* Retz., *A. Barrelierii* (All.) Vitm., *Clematis recta* L., *Lysimachia punctata* L., *Euphorbia villosa* Waldst. et

Kit., *Eu.angulata* Jacq., *Vitis sylvestris* C.C.Gmel., *Ranunculus illyricus* L., *Ornithogalum kochii* Parl., *Stachys recta* L., *S. germanica* L. та інші.

Понтично-паннонський тип ареалів складають види з ареалами в Понтично-паннонській флористичній області (3,64 %): *Centaurea stricta* Waldst. et Kit., *Dianthus pseudobarbatus* Bess., *Polygonum arenarium* Waldst. et Kit., *Viola ambigua* Waldst. et Kit., *Crataegus lipskyi* Klok., *Rosa transsilvanica* Schur, *Inula ensifolia* L., *I. germanica* L., *Cirsium pannonicum* (L.f.) Link, *Crepis pannonica* (Jacq.) C.Koch., *Iris hungarica* Waldst. et Kit., *I. germanica* L., *Eremogone micradenia* (P.Smirn.) Ikonn., *Leucanthemella serotina* (L.) Tzvel. та інші.

Балкано-понтично-паннонський тип ареалів складають види з ареалами в Середньодунайській низовині, Балканському півострові та Причорномор'ї (0,50 %): *Chamaecytisus austriacus* (L.) Link., *Ch. albus* (Hacq.) Rothm., *Galium humifusum* Bieb., *Ornithogalum boucheanum* (Kunth.) Aschers, *Fumaria rostellata* Knaf.

Балкано-паннонський тип ареалів складають види з ареалами в Середньодунайській низовині та на Балканах (0,74 %): *Tilia tomentosa* Moench., *Euphorbia lingulata* Heuff., *Doronicum hungaricum* Reichenb., *Polycnemum Heuffelii* Lang., *Carduus collinus* Waldst. et Kit., *Seseli pallasi* Bess., *Plantago altissima* L., *Oenanthe banatica* Heuff., *Lathyrus transsilvanicus* (Spreng.) Reichb.

Карпато-балкано-паннонський тип ареалів включає види з ареалами в Середньодунайській низовині, Карпатах та на Балканах (0,25 %): *Helleborus purpurascens* Waldst. et Kit., *Crocus banaticus* J. Gay., *Hieracium rotundatum* Kit. ex Schult.

Паннонський тип ареалів складають види з ареалами в Середньодунайській низовині (0,41 %): *Poa pannonica* Kern., *Dianthus glabriusculus* (Kit.) Borb., *Glechoma pannonica* Borb., *Euphorbia waldsteinii* (Sojak.) Czer. (*Eu.virgata* Waldst. et Kit.), *Centaurea pannonica* (Heuff.) Hayek, *Achillea pannonica* Scheele, *Suaeda pannonica*. Beck.

Закарпатський рівнинний тип ареалів складають види, які виявлено лише на Закарпатській рівнині (0,50 %): *Stipa transcarpatica* Klok. (Чорна гора), *Tragopogon transcarpaticus* Klok. (луки, галявини, схили), *Hieracium mukacevense* Juxip, (остепнені луки, схили), *Rosa minimalis* Chrshan. (сухі схили, Виноградівський район), *R. mucatscheviensis* Chrshan. (чагарники, околиці м. Мукачева та м. Берегова), *Fraxinus ptacovskyi* Domin (*F. angustifolia* ssp. *pannonica* Soo et Simon) (заплавні дубово-в'язово-ясеневі ліси Закарпатської рівнини).

Висновки

Таким чином, розподіл видів флори Закарпатської рівнини за основними типам ареалів відображає загальні закономірності побудови рівнинних флор Голарктики. У складі досліджуваної флори переважають голарктичний, євразійський, євразійсько-середземноморський, європейський, центральноєвропейський типи ареалів. Значна кількість видів, європейсько-середземноморського, центральноєвропейсько-середземноморського, атлантичноєвропейсько-середземноморського, середземноморсько-понтично-паннонського типів ареалів вказує на тісні флорогентичні зв'язки з флорами Древнього Середземномор'я. Разом з тим, виділяється ядро ендемічних та субендемічних видів (закарпатський рівнинний, паннонський типи ареалів), що свідчить про автохтонне ядро формування флори, її зв'язок з Паннонським центром флори та флорами Центральної Європи, Карпат і Балкан. Отже, досліджувана флора в хорологічному відношенні є повночленною автохтонно-аллохтонною, вона гетерогенна та гетерохронна.

1. Визначник рослин Українських Карпат / Ред. Чопик В. І., Котов М. І., Протопопова В. В. Київ : Наук. думка, 1977. 434 с.
2. Дідух Я. П. Географічний аналіз флори: минуле, сучасне, майбутнє. *Укр. ботан. журн.* 2007. Т. 56, № 4. С. 485–507.
3. Заверуха Б. В. Флора Вольно-Подолли и ее генезис. Киев : Наук.думка, 1985. 192 с.
4. Екофлора України. Київ : Вид-во НАН України, 2002–2010. Т. 1–6.
5. Клеопов Ю. Д. Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР. Киев : Наук. думка, 1990. 351 с.

6. Пригара О. В. Еколого-ценотичний аналіз флори Закарпатської рівнини. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія*. 2019. № 3 (77). С. 6–12.
7. Тасенкевич Л. О. Ареалогічна структура флори судинних рослин Карпат. *Наукові записки Державного природничого музею*. Львів, 2005. Вип. 21. С. 11–28.
8. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Ленинград : Наука, 1978. 247 с.
9. Толмачов А. И. Введение в географию растений. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. 244 с.
10. Флора УРСР. Київ : Вид-во АН УРСР, 1936–1965. Т. 1–12.
11. Фодор С. С. Флора Закарпаття. Львів, 1974. 208 с.
12. Meusel H., Jäger E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropischen Flora. Jena: Fischer Verl, 1965. Bd. 1. 583 p.
13. Meusel H., Jäger E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropischen Flora. Jena: Fischer Verl, 1965. Bd. II. 258 p.

References

1. Vyznachnyk roslyn Ukrayinskyx Karpat / Red. Chopyk V. I., Kotov M. I., Protopopova V. V. Kyiv : Nauk. dumka, 1977. 434 s. [in Ukrainian]
2. Didux Ya. P. Geografichnyi analiz flory: mynule, suchasne, maibutnye. *Ukr. botan. zhurn.* 2007. Т. 56, № 4. S. 485–507. . [in Ukrainian]
3. Zaveruxa B. V. Flora Volyno-Podolyu y ee genezys. Kyev : Nauk. dumka, 1985. 192 s. [in Russian]
4. Ekoflora Ukrainy. K. : Vyd-vo NAN Ukrayiny, 2002–2010. Т. 1–6. . [in Ukrainian]
5. Kleopov Yu. D. Analiz flory shyrokolistvennykh lesov evropejskoj chasty SSSR. Kyiv : Nauk. dumka, 1990. 351 s. [in Russian]
6. Pryhara O. V. Ekologo-cenotychnyi analiz flory Zakarpatskoyi rivnyny. *Nauk. zap. Ternop. nacz. ped. un-tu im. V. Gnatyuka. Ser. Biologiya*. 2019. № 3 (77). S. 6–12. . [in Ukrainian]
7. Tassenkevych L. O. Arealogichna struktura flory sudynnyx roslyn Karpat. *Naukovi zapysky Derzhavnogo pryrodnychogo muzeyu*. Lviv, 2005. Vyp. 21. S. 11y28. . [in Ukrainian]
8. Taxtadzhyan A. L. Florysticheskiye oblasti Zemly. Leningrad : Nauka, 1978. 247 s. [in Russian]
9. Tolmachov A. Y. Vvedeniye v geografyyu rastenyu. Leningrad: Yzd-vo Leningr. un-ta, 1974. 244 s. [in Russian]
10. Flora URSR. K. : Vyd-vo AN URSR, 1936–1965. Т. 1–12. . [in Ukrainian]
11. Fodor S. S. Flora Zakarpattya. Lviv, 1974. 208 s. . [in Ukrainian]
12. Meusel H., Jäger E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropischen Flora. Jena: Fischer Verl. 1965. Bd. 1. 583 s.
13. Meusel H., Jäger E., Weinert E. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropischen Flora. Jena: Fischer Verl, 1965. Bd. II. 258 p.

O. V. Pryhara

Uzhgorod National University, Ukraine

GEOGRAPHIC STRUCTURE OF FLORA OF THE TRANSCARPATHIAN PLAIN

The geographical analysis of flora vascular plants of the Transcarpathian plain has been carried out. It has been found that in the geographical distribution the species of flora belong to 16 types of areas. In the geographical range of flora the leading position is occupied by Golarctic (131), Eurasian (426), Eurasian-Mediterranean (138), and European (144) types of habitats. The presence of the autochthonous Transcarpathian and Pannonian flora core, including endemic and sub-endemic species was identified, its wide geographical connection with the flora of the Pannonia, the Mediterranean has been shown.

Keywords: regional flora, geographic analysis of flora, area of species, type of area, Transcarpathian plain.

Надійшла 25.08.2021.

БІОХІМІЯ

УДК 636.52/58:636.083:591.044:591.111

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.3

М. І. САХАЦЬКИЙ, Ю. В. ОСАДЧА

Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
e-mail: mik99@ukr.net

БІОХІМІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ТА АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМІВ СИРОВАТКИ КРОВІ КУРЕЙ ЗА ЗМІНИ ВИСОТИ РОЗТАШУВАННЯ КЛІТКОВИХ БАТАРЕЙ

Досліджено фізіологічний стан організму курей на основі аналізу біохімічного профілю та активності ензимів сироватки їх крові залежно від висоти розташування кліткових батарей. Виявлено, що підвищення ярусності кліткового устаткування не чинить негативного впливу на організм курей. За утримання курей у клітках багатоярусних кліткових батарей, розташованих на 2–4 поверхах (4–12 ярус), біохімічний статус та активність ензимів сироватки їх крові перебували в межах фізіологічної норми. Тоді як, за утримання курей в клітках багатоярусної кліткової батареї першого поверху, спостерігалось підвищення рівня глюкози на 60,5–71,0 % (10,9 % > норми), креатиніну – на 9,7–12,3 % (4,8 % > норми), фосфору – 82,6–100,0 % (23,6 % > норми), зниження співвідношення кальцію та фосфору на 46,7–50,0 % (46,7 % < норми), що підтверджувалось підвищенням активності лужної фосфатази на 22,3–27,0 % (3,4 % > норми), а також підвищення активності аспартатамінотрансферази на 3,2–13,8 % (1,7 % > норми), лактатдегідрогенази – на 48,5–65,1 % (10,8 % > норми) та гамма-глутамілтрансферази – на 16,4–20,6 %.

Ключові слова: кури-несучки, хронічний стрес, кліткова батарея, глюкоза, креатинін, активність ензимів.

В умовах промислового виробництва продукції птахівництва організм курей безперервно піддається впливу численних технологічних стресорів [9, 29], які здатні знижувати рівень імунологічної реактивності організму птиці [8, 28], що зумовлює зменшення її продуктивності [4, 14] і призводить до значних економічних втрат [25]. Одним із таких технологічних стресорів може бути збільшення ярусності кліткового устаткування, яке застосовується для отримання більшої кількості продукції з 1 м² площі приміщення [25]. Адже все частіше промислові птахівничі підприємства використовують кліткове устаткування, яке розташовують у 12 і, навіть, 15 ярусів, що утворюють 4–5 поверхів. Це дозволяє підвищити концентрацію поголів'я птиці в пташнику в 4–5 разів порівняно з 3-ярусними клітковими батареями та у 8–10 разів порівняно з підлоговим способом утримання. За цього поголів'я в одному пташнику може досягати 590 тис. голів. Однак, будь-які дані щодо впливу такого утримання на фізіологічний стан курей відсутні, а чинні норми ВНТП-АПК-04.05 щодо утримання курей в клітках розроблені для 1–3-ярусних кліткових батарей.

Відомо, що під час стресу у курей напружується діяльність всіх систем організму, спрямована на самозахист і пристосування до нових умов існування [10, 20, 27]. Для діагностики стресових станів у птиці активно останнім часом почали використовувати деякі

біохімічні параметри сироватки крові [18, 24], які, на відміну від лейкоцитарної формули та гормонального статусу, дозволяють описати загальний фізіологічний стан організму, процеси адаптації [12] та діагностувати метаболічні порушення органів та тканин [11, 13]. Загалом, біохімічні параметри сироватки крові є надійними показниками стану здоров'я курей і відображають будь-які фізіологічні або навіть патологічні зміни, що відбуваються в їх організмі [11]. А будь-які зміни в організмі впливають не лише на здоров'я курей, а й неминуче позначаються на їх продуктивності [21].

Метою даної роботи було дослідження фізіологічного стану організму курей на основі аналізу біохімічного профілю та активності ензимів сироватки їх крові залежно від висоти розташування кліткових батарей.

Матеріал і методи досліджень

В якості об'єкта досліджень використовували яєчних курей промислового стада «Hy-Line W-36». Досліди з експериментальними тваринами проводили відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний вісник Європейського Союзу L276/33, 2010).

В умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць у пташнику площею 2915 м² сформувавши 4 групи курей, кожна з яких утримували на окремому поверху-аналогі за площею та клітковим устаткуванням. Кожен поверх був обладнаний 3-ярусними клітковими батареями «Big Dutchman» (Німеччина), що склалися з 1176 кліток площею 40544 см² (362×112 см). Кліткові батареї кожного поверху були відмежовані одна від одної решітчастою підлогою. Таким чином, 1–3 яруси входили до 1-го поверху, 4–6 яруси – до 2-го, 7–9 яруси – до 3-го, а 10–12 яруси – до 4 поверху кліткового устаткування (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду

Характеристика	Група курей			
	1	2	3	4
Поверх розташування кліткової батареї	1	2	3	4
Ярус кліткової батареї у пташнику	1–3	4–6	7–9	10–12
Кількість кліток на поверсі	1176			
Кількість голів у клітці	101			
Кількість голів у групі	118776			
Щільність посадки, гол./м ²	401,4			
Фронт годівлі, см	7,8			

Упродовж досліду курей забезпечували питною водою, повнораціонними комбікормами однакового складу та утримували згідно з вимогами (ВНТП-АПК-04.05.).

Біохімічні показники та активність ензимів сироватки крові курей, а саме: вміст загального білку, альбуміну, глюкози, креатиніну, сечовини, білірубіну, холестерину, фосфору, кальцію, активність аланінамінотрансферази (АЛТ), аспартатамінотрансферази (АСТ), гамма-глутамілтрансферази (ГГТ), лужної фосфатази та лактатдегідрогенази (ЛДГ) – визначали на біохімічному аналізаторі BioChem FC-360 (Hightechnology Inc.) у лабораторії «Бальд» (сертифікат №LB/02/2016). Для цього відбирали по 30 проб крові у несучок кожної групи у віці 18 тижнів (на початку досліджень) та у 52 тижні. Відбирали по 1,0–1,5 мл крові з підкрильцевої вени у пробірку з EDTA.

Отримані цифрові результати опрацьовували методами варіаційної статистики. Достовірність відмінностей між середніми величинами визначали за t-критерієм Стьюдента, різниці вважали достовірними за $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Підвищення поверху розташування кліткової батареї під час утримання курей в клітках багатоярусних батарей не позначилось на вмісті у сироватці їх крові загального білку, альбуміну, сечовини, холестерину, білірубіну та кальцію (табл. 2), які знаходились у межах

фізіологічної норми. Тоді як за вмістом в сироватці крові курей глюкози, креатиніну та фосфору спостерігались відмінності залежно від поверху розташування кліткової батареї.

Вміст глюкози в сироватці крові курей 2–4 груп, тобто за утримання їх на 2–4 поверхах кліткової батареї, знаходився в межах фізіологічної норми, а у курей 1-ї групи (1 поверх) – перевищував її на 10,9 %. Водночас, вміст глюкози у них був вищим на 60,5 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою, та на 67,9 % ($p < 0,001$) і 71,0 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у курей 2-ї групи – на 4,6 % ($p < 0,05$) та 6,5 % ($p < 0,01$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. На нашу думку, підвищення вмісту глюкози в сироватці крові виникає через підвищення деструкційних процесів в організмі курей, а також за дії гормонів – глюкокортикоїдів та катехоламінів [2, 12]. Отримані дані узгоджуються з результатами інших досліджень, у яких описано гіперглікемію як реакцію організму птиці на хронічний [5, 7, 12] та гострий стрес [16, 29], а також експериментальне введення АКТГ [19, 22].

Крім того, Guo Y. зі співавторами [6] було відмічено збільшення рівня креатиніну в сироватці крові курей-несучок за впливу технологічних стресорів, що підтверджують і дані дослідження. Так, вміст креатиніну в сироватці крові курей 1-ї групи на 4,8 % перевищував верхню межу фізіологічної норми та був вищим на 9,7 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 12,3 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у курей 2-ї групи – на 2,4 % ($p < 0,05$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Таблиця 2

Біохімічний профіль сироватки крові курей

Показник	Група				Реф. знач.*
	1 (1–3 ярус)	2 (4–6 ярус)	3 (7–9 ярус)	4 (10–12 ярус)	
Загальний білок, г/л	57,8±0,48	57,4±0,62	56,7±0,53	55,2±0,58	37,8–59,0
Альбумін, г/л	19,3±0,13	18,4±0,22	18,4±0,10	18,3±0,08	15,0–25,0
Глюкоза, ммоль/л	18,3±0,85	11,4±0,17*	10,9±0,11*°	10,7±0,20*°°	10,0–16,5
Креатинін, мкмоль/л	28,3±0,58	25,8±0,13*	25,2±0,21*°	25,2±0,26*°	22,0–27,0
Сечовина, ммоль/л	0,75±0,028	0,78±0,013	0,76±0,014	0,84±0,014	0,7–2,4
Білірубін, мкмоль/л					
– загальний	1,36±0,205	1,36±0,123	1,26±0,135	1,14±0,073	1,7
– прямий	0,28±0,031	0,38±0,055	0,36±0,027	0,36±0,022	0,5
– непрямий	1,08±0,180	0,98±0,140	0,90±0,145	0,78±0,068	–
Холестерин, ммоль/л	3,5±0,25	3,4±0,07	3,2±0,14	3,2±0,11	2,0–4,0
Фосфор, ммоль/л	2,72±0,141	1,49±0,052*	1,37±0,027*°	1,36±0,038*°	1,15–2,2
Кальцій, ммоль/л	4,20±0,140	4,34±0,022	4,28±0,018	4,24±0,095	2,8–4,6
Кальцій/форфор	1,6±0,08	3,0±0,11*	3,2±0,06*	3,2±0,08*	3–3,8:1

Примітки: * $p < 0,001$ – порівняно з першою групою; ° $p < 0,05$, °° $p < 0,01$ – порівняно з другою групою. *Референтні значення за Насоновим І. В. (Nasonov et al., 2014).

Слід також відзначити перевищення фізіологічної норми за вмістом фосфору в сироватці крові курей 1-ї групи на 23,6 %. Так, вміст фосфору у них був вищим на 82,6 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 98,5 % ($p < 0,001$) і 100,0 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Вміст фосфору у сироватці крові курей 2-ї групи був вищим на 8,8 % ($p < 0,05$) і 9,6 % ($p < 0,05$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Співвідношення кальцію і фосфору у сироватці крові курей 2–4 груп знаходилось в межах фізіологічної норми, а у 1-ї – не досягало її на 46,7 % і, водночас, було нижчим на 46,7 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 50,0 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

Зміна активності лужної фосфатази у сироватці крові курей підтверджує порушення обміну особливо важливих для несучок макроелементів – кальцію і фосфору (табл. 3). Так, за зниження поверху кліткової батареї спостерігалось підвищення активності лужної фосфатази, яка у курей 1-ї групи перевищувала фізіологічну норму на 3,4 % та, водночас, була вищою на

22,3 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 26,6 % ($p < 0,001$) і 27,0 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Отримані дані підтверджують результати Rajman M. та ін. [23], у яких описане стрес-індуковане підвищення рівня лужної фосфатази у сироватці крові курей, спричинене обмеженням їх доступу до корму.

Таблиця 3

Активність ензимів сироватки крові курей

Показник, од/л	Група				Реф. знач.*
	1 (1–3 ярус)	2 (4–6 ярус)	3 (7–9 ярус)	4 (10–12 ярус)	
АЛТ	0,5±0,09	0,4±0,09	0,6±0,09	0,4±0,09	13,0–26,5
АСТ	213,5±0,77	206,8±0,81*	202,4±0,49 ^{***}	187,6±0,46 ^{***}	125–210
ГГТ	26,3±0,56	22,6±0,48*	22,0±0,62*	21,8±0,43*	–
ЛФ	858,3±19,48	701,8±35,32*	677,8±8,22*	676,0±32,78*	350–830
ЛДГ	2171,8±55,82	1462,8±56,74*	1382,2±43,76*	1315,6±20,04 ^{**}	636–1960

Примітки: * $p < 0,001$ – порівняно з першою групою; ° $p < 0,05$, °° $p < 0,001$ – порівняно з другою групою; '° $p < 0,001$ – порівняно з третьою групою. *Референтні значення за Насоновим І. В. (Nasonov et al., 2014)

Зниження поверху розташування кліткової батареї супроводжувалося зміною активності в сироватці крові курей активності АСТ та ЛДГ, що відображає порушення цілісності тканин (активізацією деструкційних процесів) організму птиці, особливо печінки [17] та м'язів [15, 26]. Перевищення фізіологічної норми спостерігалось у курей 1-ї групи – на 1,7 %. Водночас, активність АСТ у них була вищою на 3,2 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 5,5 % ($p < 0,001$) і 13,8 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи активність АСТ була вищою на 2,2 % ($p < 0,001$) та 10,2 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у 3-ї групи – на 7,9 % ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою.

Саме м'язовою деструкцією під час нервово-м'язового напруження вчені пояснюють і підвищення активності ЛДГ [26], яке в даних дослідженнях виявлене у курей 1-ї групи з перевищенням фізіологічної норми на 10,8 %. Водночас, активність ЛДГ у них була вищою на 48,5 % ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 57,1 % ($p < 0,001$) і 65,1 % ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У сироватці крові курей 2-ї групи активність ЛДГ була вищою на 11,2 % ($p < 0,05$) порівняно з 4-ю групою.

Активність гамма-глутамілтрансферази (ГГТ) також була найвищою у курей 1-ї групи і перевищувала на 16,4 % ($p < 0,001$) показники 2-ї групи та 19,5 % ($p < 0,001$) і 20,6 % ($p < 0,001$) – 3-ї та 4-ї груп відповідно. Отримані результати підтверджують дані інших дослідників, у яких описане підвищення ГГТ як реакція курчат-бройлерів на циклічний тепловий стрес [1].

Висновки

Виявлено, що підвищення ярусності кліткового устаткування не чинить негативного впливу на організм курей. Так, за утримання курей у клітках багатоярусних кліткових батарей, розташованих на 2–4 поверхах (4–12 ярус), біохімічний статус та активність ензимів сироватки їх крові перебували в межах фізіологічної норми. Тоді як утримання курей у клітках багатоярусної кліткової батареї першого поверху супроводжувалося підвищенням рівня глюкози на 60,5–71,0 % (10,9 % > норми), креатиніну – на 9,7–12,3 % (4,8 % > норми), фосфору – 82,6–100,0 % (23,6 % > норми), зниженням співвідношення кальцію та фосфору на 46,7–50,0 % (46,7 % < норми), що підтверджувалося підвищенням активності лужної фосфатази на 22,3–27,0 % (3,4 % > норми), а також підвищення активності аспаратамінотрансферази на 3,2–13,8 % (1,7 % > норми), лактатдегідрогенази – на 48,5–65,1 % (10,8 % > норми) та гамма-глутамілтрансферази – на 16,4–20,6 %. Таким чином, основні наслідки хронічного стресу, спричиненого утриманням курей в клітках нижнього поверху багатоярусної кліткової батареї, відображаються в біохімічних параметрах сироватки їх крові, а саме в підвищенні вмісту глюкози, креатиніну, активності ензимів, а також порушенні співвідношення кальцію та фосфору.

References

1. Bueno J. P., Nascimento M. R., Martins J., Marchini C. F., Gotardo L. R., Sousa G. R., Mundim A. V., Guimarães E., Rinaldi F. P. Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. *Semina-ciencias Agrarias*, 2017. Vol. 38 (3). P. 1383–1392. doi:10.5433/1679-0359.2017V38N3P1383
2. Downing J. On-invasive assessment of stress in commercial housing systems. North Sydney, Australian Egg Corporation Limited, 2012. 69 p.
3. Ericsson M., Henriksen R., Bélteky J., Sundman A. S., Shionoya K., Jensen P. Long-Term and Transgenerational Effects of Stress Experienced during Different Life Phases in Chickens (*Gallus gallus*). *PLoS one*, 2016. Vol. 11(4), e0153879. doi:10.1371/journal.pone.0153879.
4. Goel A. Heat stress management in poultry. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2021. Vol. 00. P. 1–10. doi: 10.1111/jpn.13496
5. González F. H. D., Silva S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 364 p.
6. Guo Y., Song Z., Jiao H., Song Q., Lin H. The effect of group size and stocking density on the welfare and performance of hens housed in furnished cages during summer. *Animal Welfare Journal*, 2012. Vol. 21. P. 41–49. doi: 10.7120/096272812799129501
7. Gupta S. K., Behera K., Pradhan C. R., Acharya A. P., Sethy K., Behera D., Lone S. A. Shinde K. P. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics, hemato-biochemical indices of Vanaraja chickens. *Indian Journal of Animal Research*, 2017. Vol. 51 (5). P. 939–943. doi: 10.18805/ijar.10989
8. Hall J. M., Witter A. R., Racine R. R., Berg R. E., Podawiltz A., Jones H., Mummert M. E. Chronic psychological stress suppresses contact hypersensitivity: Potential roles of dysregulated cell trafficking and decreased IFN- γ production. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2014. Vol. 36. P. 156–164. doi:10.1016/j.bbi.2013.10.027.
9. Hedlund L., Whittle R., Jensen P. Effects of commercial hatchery processing on short- and long-term stress responses in laying hens. *Scientific Reports*, 2019. № 9. P. 1–10. doi:10.1038/s41598-019-38817-y.
10. Infante M., Armani A., Mammi C., Fabbri A., Caprio, M. Impact of adrenal steroids on regulation of adipose tissue. *Comprehensive Physiology*, 2017. Vol. 7(4). P. 1425–1447. doi: 10.1002/cphy.c160037.
11. Koronowicz A. A., Banks P., Szymczyk B., Leszczyńska T., Master A., Piasna E., Szczepański W., Domagała D., Kopeć A., Piątkowska E., Laidler P. Dietary conjugated linoleic acid affects blood parameters, liver morphology and expression of selected hepatic genes in laying hens. *British Poultry Science*, 2016. Vol. 57(5). P. 663–673. doi: 10.1080/00071668.2016.1192280.
12. Kraus A., Zita L., Krunt O., Härtlová H., Chmelíková E. Determination of selected biochemical parameters in blood serum and egg quality of Czech and Slovak native hens depending on the housing system and hen age. *Poultry Science*, 2021. Vol. 100 (2). P. 1142–1153, doi: 10.1016/j.psj.2020.10.039.
13. Kudair I. M., Al-hussary N.A.J. Effect of vaccination on some biochemical parameters in broiler chickens. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2010. Vol. 24. P. 59–64. doi: 10.33899/ijvs.2010.5604
14. Lara L.J., Rostagno M.H. Impact of heat stress on poultry production. *Animals (Basel)*, 2013. Vol.3(2). P. 356–369. doi: 10.3390/ani3020356.
15. Lin H., Decuyper E., Buyse J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2006. Vol. 144. P. 11–17. doi: 10.1016/j.cbpa.2006.01.032.
16. Mert N. I., Yildirim B. A. Biochemical Parameters and Histopathological Findings in the Forced Molt Laying Hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 2016. Vol. 18 (4). P. 711–718. doi: 10.1590/1806-9061-2015-0032.
17. Mikami T., Sumida S., Ishibashi Y., Ohta S. Endurance exercise training inhibits activity of plasma GOT and liver caspase-3 of mice [correction of rats] exposed to stress by induction of heat shock protein 70. *Journal of Applied Physiology*, 2004. Vol. 96. P. 1776–1781. doi: 10.1152/jappphysiol.00795.2002
18. Nwaigwe C. U., Ihedioha J. I., Shoyinka S. V., Nwaigwe C. O. Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Veterinary World*, 2020. Vol. 13(10). P. 2294–2300. doi: 10.14202/vetworld.2020.2294-2300.
19. Odiambo Mumma J., Thaxton J.P., Vizzier-Thaxton Y., Dodson W.L. Physiological Stress in Laying Hens1, *Poultry Science*, 2006. Vol. 85 (4). P. 761–769. doi: 10.1093/ps/85.4.761.
20. Olubodun J., Zulkifli I., Hair-Bejo M., Kasim A., Soleimani, A.F. Physiological response of glutamine and glutamic acid supplemented broiler chickens to heat stress. *European Poultry Science*, 2015. Vol. 79. P. 1–12. doi: 10.1399/eps.2015.87.

21. Pavlík A., Pokludová M., Zapletal D., Jelínek P. Effects of housing systems on biochemical indicators of blood plasma in laying hens. *Acta Veterinaria Brno*, 2007. Vol. 76. P. 339–347. doi: 10.2754/avb200776030339.
22. Puvadolpirod S., Thaxton J. P. Model of physiological stress in chickens 1. Response parameters. *Poultry Science*, 2000. Vol. 79(3). P. 363–369. doi: 10.1093/ps/79.3.363.
23. Rajman M., Juráni M., Lamosová D., Mácajová M., Sedlacková M., Kost'ál L., Jezová D., Výboh P. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2006. Vol. 145(3). P. 363–371. doi: 10.1016/j.cbpa.2006.07.004.
24. Ruiz-Jimenez F., Gruber E., Correa M., Crespo R. Comparison of portable and conventional laboratory analyzers for biochemical tests in chickens. *Poultry Science*, 2021. Vol. 100(2). P. 746–754. doi: 10.1016/j.psj.2020.11.060.
25. Sakhatsky M., Osadcha Yu., Kuchmistov V. Reaction of the reproductive system of hens to the chronic stressor. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. Vol. 10(4). P. 6–11. doi: 10.15421/2020_159.
26. Sandercock D. A., Hunter R. R., Mitchell M. A., Hocking P. M. Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight. *British Poultry Science*, 2006. Vol. 47. P. 322–329. doi: 10.1080/00071660600732346.
27. Shevchuk M., Stoyanovskyy V., Kolomiiti I. Technological stress in poultry. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 2018. Vol. 20(88). P. 63–68. doi: 10.32718/nvlvet8811.
28. Sloan E. K., Priceman S. J., Cox B. F., Yu S., Pimentel M. A., Tangkanangnukul V., Arevalo J. M., Morizono K., Karanikolas B. D., Wu L., Sood A. K., Cole S. W. The sympathetic nervous system induces a metastatic switch in primary breast cancer. *Cancer research*, 2010. Vol. 70(18). P. 7042–7052. doi:10.1158/0008-5472.CAN-10-0522.
29. Virden W., Kidd M. Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses. *The Journal of Applied Poultry Research*, 2009. Vol. 18. P. 338–347. doi: 10.3382/japr.2007-00093.

M. Sakhatsky, Yu. Osadcha

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

BIOCHEMICAL PROFILE AND ENZYMES ACTIVITY OF HENS BLOOD SERUM UNDER CHANGES OF HEIGHT OF AN ARRANGEMENT OF CAGE BATTERIES

In the conditions of industrial poultry farming, the body of hens is constantly exposed to numerous technological stressors, the least studied of which are long-term, which can cause the development of chronic stress. One such technological stressor may be to increase the tier of cage equipment, which is a method of resource conservation in egg poultry and is often used by producers to obtain more eggs from 1 m² of poultry area. Increasing the level of cage equipment involves the location of the cage in 12 and even 15 tiers, forming 4–5 floors. This allows to increase the concentration of poultry in the poultry house by 4-5 times, compared with 3-tier cage batteries, and 8-10 times – compared to the floor method of keeping. For this livestock in one poultry house can reach 590 thousand hens. However, there are no data on the impact of such a keeping method on the physiological state of hens, and the current rules of VNTP-APK-04.05. for keeping hens in cages designed for 1-3-tier cage batteries. The aim of this work was to study the physiological state of the hen's body based on the analysis of the biochemical profile and the activity of serum enzymes in their blood depending on the height of the cage batteries. For this purpose, in the conditions of a modern complex for the production of food eggs in one poultry house, 4 groups of hens were formed, each of which was kept on a separate floor-analogue in terms of area and cage equipment. Each floor was equipped with 3-tier cage batteries “Big Dutchman” (Germany), consisting of 1176 cages. It was found that increasing the layering of cage equipment does not have a negative impact on the hen's body. So, for keeping hens in cages of multilevel cages batteries located on 2-4 floors (4-12 tiers), the biochemical status and activity of their blood serum enzymes were within the physiological norm. In hens kept in cages of the 3rd floor there was an increase, within the physiological norm, aspartate aminotransferase by 7.9%, and in hens of the 2nd floor there was an increase in glucose by 4.6-6.5%, creatinine – by 2.4%, phosphorus by 8.8-9.6%, as well as an increase in the activity of aspartate aminotransferase by 2.2-10.2% and lactate dehydrogenase – by 11.2%. Whereas, when keeping hens in cages of a multi-tiered cage battery on the first floor, there was an increase in glucose levels by 60.5-71.0% (10.9% > of

normal), creatinine – by 9.7-12.3% (4.8 % > norm), phosphorus – 82.6–100.0% (23.6% > norm), a decrease in the ratio of calcium and phosphorus by 46.7-50.0% (46.7% < norm), which was confirmed by an increase in alkaline phosphatase activity by 22.3-27.0% (3.4% > normal), as well as an increase in aspartate aminotransferase activity by 3.2-13.8% (1.7% > normal), lactate dehydrogenase – by 48.5-65.1% (10.8% > of normal) and gamma-glutamyltransferase – by 16.4-20.6%. Thus, the main effects of chronic stress caused by keeping hens in the cells of the lower floor of a multi-tiered cage battery are reflected in the biochemical parameters of their serum, namely increased glucose, creatinine, enzyme activity and change of the ratio of calcium and phosphorus.

Keywords: laying hens, chronic stress, cages battery, glucose, creatinine, enzyme activity.

Надійшла 16.08.2021.

ЕКОЛОГІЯ

УДК 582.936 : 581.5

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.4

Л. Р. ГРИЦАК, О. Ю. МАЙОРОВА, М. З. ПРОКОП'ЯК, Н. М. ДРОБИК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: hrytsak1972@gmail.com

СУЧАСНІ ПРИЧИНИ ФРАГМЕНТАЦІЇ АРЕАЛІВ ВИСОКОГІРНИХ ВИДІВ РОДУ *GENTIANA* L.

Проаналізовано особливості зміни хорології рідкісних видів *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L. в Українських Карпатах і встановлено причини, які зумовлюють фрагментацію популяцій цих видів та дестабілізацію їх ареалів. Підтверджено існування 10 природних і 3 інтродукованих популяцій *G. lutea*, 6 часткових популяцій *G. punctata*, а також 7 часткових популяцій *G. acaulis* на Чорногірському, Свидовецькому і Мармароському масивах. Зі складу флори Українських Карпат зникли 8 популяцій *G. lutea*. Упродовж другої половини ХХ століття відбулося майже повне знищення виду *G. punctata* на великих відкритих площах полонин у Чорногорі, Чивчинських горах і на Свидовці. Площа більшості популяцій виду *G. acaulis* скоротилася до 0,3 га. Нижня межа ареалів видів у висотному напрямі змістилася на 200–250 м (*G. acaulis*), 300–350 м (*G. punctata*), 500 м (*G. lutea*); оптимум абіотичних умов видів *G. lutea* та *G. punctata* перемістився з південних схилів на північно-західні та північно-східні, а популяції *G. acaulis* на схилах південної експозиції локалізувалися на висотах, наближених до крайньої верхньої межі їх ареалу. До основних чинників, що зумовлюють структурно-функціональні зміни внутрішньопопуляційної та просторової організації видів, належать: трансформація різнотравно-злакових угруповань у щільнодернинні вторинні ценози; детермінування резерватогенних сукцесій через занепад гірського тваринництва та істотне збільшення (з 1–2 % до 90 %) проективного покриття чагарників у локалітетах росту видів; рекреація (особливо у випадку *G. acaulis*); збирання букетів та викопування рослин.

Ключові слова: *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis*, хорологія, чинники дестабілізації ареалів.

Кожна жива еволюційно сформована особина входить до складу систем вищого ієрархічного рівня, де виконує властиву лише для неї функцію. Вимирання особин, популяцій поступово призводить до зникнення видів, що спричинює звуження масштабів еволюційних перетворень і зміни структури екосистем, їхньої стійкості та стабільності [21].

В умовах сучасної трансформації природи на усіх територіях як заповідних, так і тих, що до них не належать, спостерігається прояв комплексу негативних чинників: потепління клімату, селі, повені, сукцесії рослинності, інсуляризація, надмірна експлуатація ресурсів, забруднення середовища, нерегульована рекреація та інше. Зазначені чинники загроз суттєво впливають на стан популяцій багатьох рідкісних видів флори та фауни та видів, що зникають. Це проявляється, перш за все, у порушенні усталених процесів репродукції особин, зміні їхніх природних ареалів та втраті життєздатності ізольованих популяцій. Зосередження уваги дослідників на виявленні усіх загроз, які зумовлюють скорочення ареалів рідкісних видів

рослин, дозволяє розробляти ефективніші заходи щодо протидії цим процесам. У повній мірі це стосується видів високогірної флори Українських Карпат, зокрема роду *Gentiana* L.: *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L., ареали яких зазнали значної трансформації.

Мета наукової роботи полягала в аналізі динаміки ареалів видів роду *Gentiana* в Українських Карпатах та виявленні комплексу чинників, що призводять до фрагментації та вимирання їхніх популяцій.

Матеріал і методи досліджень

Вивчення стану популяцій та виявлення загроз, що знижують їхню життєздатність, здійснено під час власних експедицій в Українські Карпати (масиви Чорногора, Свидовець, Мармароські Альпи) у 2001–2019 рр.

Аналіз абіотичних факторів у місцях росту досліджуваних видів передбачав визначення таких параметрів: висоти над рівнем моря, висотної поясності, рельєфу, експозиції і крутизни схилу. Дослідження проводили за використання GPS-навігатора Garmin Oregon 450 із програмним забезпеченням MapSource.

Характеристика біотичних чинників передбачала вивчення фітоценотичного оточення, зокрема: присутності/відсутності видів, ступінь їх проєктивного покриття, а також зоогенного впливу, обумовленого діяльністю диких тварин. Під час проведення досліджень застосовували маршрутні методи, які передбачали одноразові обліки за ходом маршрутів у Свидовецькому гірському масиві та Мармароських Альпах. На території Чорногірського хребта було проведено 2–3 разові спостереження за станом більшості локалітетів росту видів з інтервалом у 3–4 роки.

Для оцінки змін ареалів використовували дані низки наукових праць [11, 13, 15, 17, 19, 20].

Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз хорології досліджуваних видів роду *Gentiana* показав, що ще у XIX столітті вид *G. lutea* був поширений на багатьох полонинах Українських Карпат [13]. У 1970-х роках зазначали існування 16 популяцій цього виду, дві з яких знаходилися на межі зникнення (г. Говерла та г. Бребенеска) [13]. К. А. Малиновський із співавторами у 90-х роках XX ст. (1998) наводили для Українських Карпат лише п'ять ізольованих популяцій *G. lutea*: свидовецьку у льодовиковому котлі під г. Трояска, чорногірські на полонинах Рогнеска, Лемська та на г. Томнатик, а також мармароську серед скель на г. Піп Іван Мармароський. У XXI столітті погляди дослідників щодо кількості місць росту цього таксону різняться. Так, зазначають існування двох великих популяцій на Свидовецькому хребті – г. Трояска–Татарука та п. Крачунеска [11], а також у Мармароських Альпах – на г. Піп Іван та г. Петрос [26]. М. І. Бедей із співавторами (2010) наводять 27 популяцій (дев'ять з яких знаходиться на межі зникнення) та вказують на існування поодиноких рослин у високогір'ї Чорногори, Чивчинських гір, Східних Бескидів та на низьких полонинах (полонина Рівна). У той же час, Б. І. Москалюк (2010) наводить лише 23 місць росту *G. lutea* в Українських Карпатах.

Зниклими на сьогодні є 8 популяцій *G. lutea*: ур. Шіманув котел (хр. Свидовець); г. Петрос, г. Ребра, г. Шпиці, г. Кізі Улоги, ур. Зелений жолоб, г. Малий Томнатик та популяція на західному схилі г. Шешул (хр. Чорногора) [13, 20]. До зникаючих належить 9 популяцій, які розташовані на Боржавських полонинах (хр. Боржава); п. Красна (хр. Красна); г. Дарвайка, г. Попадя (хр. Горгани); г. Татул, п. Тодяска; п. Підпула (хр. Свидовець); г. Говерла (хр. Чорногора); п. Берлебашка (хр. Мармароські Альпи) [20].

G. punctata – центральноевропейський субальпійський вид, поширений у горах Центральної і Південної Європи. В Україні трапляється лише в Карпатах [18, 22, 23].

Згідно наукових даних, відоме 31 місцевиростання *G. punctata* в Українських Карпатах [17]. Ареал виду охоплює хребти Чорногору (п. Рогнеска, гори Шешул, Петрос, Говерла, Брескул, Пожижевська, Данцер, Шпиці, Бребенескул, Мунчел), Свидовець (гори Трояска, Ворожеска, Татул, Підпула, Великий Котел, Близниця та полонини Апшинецька, Герешаска,

Свидовець, Свидово-Прислоги, Флантус) [16], Горгани, Мармароські Альпи (г. Піп Іван та г. Ненеска) [2], Чивчин [23], де *G. punctata* росте спорадично, групами.

G. acaulis – середньоєвропейський високогірний вид, ареал якого охоплює Піреней, Юра, Альпи, Апенніни, Балкани, Карпати [3, 22]. За даними Б. І. Москалюк (2010), на сьогодні в Українських Карпатах збереглися 22 популяції *G. acaulis*, що ростуть переважно у важкодоступних місцях, а також в умовах заповідання [15, 17, 19]. Поодинокі рослини трапляються на полонинах Менчул Квасівський, Рогнеска, Апшинець і горах Пожижевська, Брескул, Данцер, Гутин Томнатик, Трояска, Павлик, Піп Іван Мармароський. Уперше виявлено декілька місць росту на території Сколівських Бескидів [3], а також у Східних Горганах, де проходить східна межа ареалу виду [14].

За результатами наших досліджень підтверджено існування 10 природних і 3 інтродукованих популяцій *G. lutea*, 6 часткових популяцій *G. punctata* на Чорногірському, Свидовецькому і Мармароському масивах, а також 7 часткових популяцій *G. acaulis*. Останні належать до чорногірської (гг. Говерла, Туркул, Ребра, Гутин Томнатик, Шпиці) та мармароської (г. Петрос Мармароський) метапопуляцій.

Серед усіх досліджених локалітетів росту *G. lutea* найбільшою за площею є популяція, що знаходиться між горами Шешул і Павлик (хребет Чорногора). На Свидівці є також 2 великих популяції, але їхня площа, порівняно із гг. Шешул–Павлик, менша у 2,0–2,5 рази. Найменшу площу займають популяції з двох локалітетів: г. Ворожеска, хребет Свидовець (0,25–0,3 га) і г. Гутин Томнатик, хребет Чорногора (0,3 га). Площа інших популяцій коливається в межах 3–6 га. Малі за площею (0,1–0,15 га) й інтродуковані популяції *G. lutea*, що розташовані на г. Пожижевська та г. Менчул Квасівський. Результати наших досліджень показують, що від початку ХХ століття до цього часу площа природних популяцій *G. lutea* за цей період зменшилася майже на 20 %.

Ймовірно, одним із факторів, який визначає розміри популяцій, є належність локалітетів росту *G. lutea* до схилів певної експозиції. Так, найбільші за площею популяції цього таксону ростуть на схилах південно-східної та південно-західної експозиції. Площа популяції цього виду, розташованої неподалік від гг. Шешул–Павлик, на південному схилі п. Рогнеска, вже менша за площею у 8 разів. Аналогічна тенденція щодо взаємозв'язку експозиції із площею, яку займають популяції *G. lutea*, прослідковується й на Свидівці. Можна припустити, що кліматичні умови схилів південної, північної, а до недавнього часу, й північно-східної експозиції у меншій мірі відповідають екологічним потребам цього виду. Згідно з нашими дослідженнями, оптимальний висотний діапазон існування цього таксону в Українських Карпатах вже знаходиться у межах 1400–1750 м н. р. м., що вказує на зміщення крайньої нижньої межі у висотному напрямі приблизно на 500 м н. р. м.

На користь наших припущень свідчать й результати досліджень еколого-географічних умов росту *G. lutea* у горах центральної Італії [24]. А. Каторсі із співавторами (2014) показано значну залежність показників продуктивності рослин та їх морфометричних параметрів від кліматичних умов росту, гіпсометричного рівня, експозиції схилу та кута його нахилу. Цими авторами було встановлено, що найбільш сприятливими для росту рослин *G. lutea* є схили південно-східної та південно-західної експозиції.

Аналіз наукових джерел [12] показав, що у другій половині ХХ століття відбулося майже повне знищення виду *G. punctata* на великих відкритих площах полонин у Чорногорі, Чивчинських горах і на Свидівці. Проте, згідно з нашими дослідженнями, у складі чорногірської метапопуляції існує найбільша часткова популяція цього виду на г. Брескул. Інші чорногірські часткові популяції *G. punctata* на г. Говерла та г. Гутин Томнатик значно менші за площею. При цьому, поодинокі особини, які забезпечують обмін генетичною інформацією між цими локалітетами, виявлено нами вздовж усього Чорногірського хребта. Свидовецька метапопуляція представлена 2 частковими популяціями (г. Татул, г. Ворожеска), площа яких не перевищує 0,02 га. До складу мармароської метапопуляції входить лише одна часткова популяція (г. Піп Іван). Більшість рослин цього виду зростає в межах висот від 1750 м н. р. м. до 1900 м н. р. м. Крайньою нижньою межею висотного ареалу є гіпсометричний рівень 1650 м

н. р. м., а верхньою – 1950 м н. р. м. Хорологічний аналіз показує, що нижня межа ареалу цього виду у висотному напрямі змістилася на 300–350 м порівняно з ХХ століттям. Як й у випадку *G. lutea*, навіть поодинокі рослини цього виду здебільшого уникають схилів південної експозиції. У брескульській частковій популяції близько 90 % особин зосереджено на схилах північно–західної, північної та північно–східної експозицій. При цьому, належність до певного схилу визначає гіпсометричний рівень росту рослин *G. punctata*. Так, на схилах північної експозиції (г. Брескул, г. Татул) особини ростуть на нижчих висотах над рівнем моря у невеликих западинах рельєфу; на південних схилах – наближаються до крайньої верхньої межі висотного ареалу (г. Говерла, г. Гутин). На наш погляд, особливості висотного розподілу особин у межах метапопуляції обумовлені чутливістю виду до зміни терморезиму місць їхнього росту [10], що, ймовірно, компенсує нестачу або надлишок тепла.

За результатами дослідження семи місцевиростань *G. acaulis*, шість із яких розташовані на Чорногірському масиві (г. Шпиці, г. Ребра, г. Туркул, г. Гутин Томнатик, г. Брескул, г. Говерла) та одне на Мармароському (г. Петрос), встановлено, що найбільшою за розмірами є площа часткової популяції на г. Туркул. Площа інших – не перевищує 0,3 га.

G. acaulis здебільшого тяжіє до південних і південно–східних схилів. При цьому, експозиція впливає на гіпсометричний рівень локалізації часткових популяцій. Так, на тепліших південних і південно–східних схилах Чорногори, яка належить до найхолодніших гірських масивів Українських Карпат [1], вид росте на висотах у межах 1850–1950 м н. р. м. На прохолодніших східних схилах (г. Шпиці) – на нижчих гіпсометричних рівнях, де середньодобові температури є, відповідно, вищими. Це підтверджують й дані літературних джерел [6, 26]. В. Г. Кияком (2013) було досліджено 2 часткові популяції *G. acaulis* на північно–східних схилах г. Туркул (1800 м н. р. м.) і г. Пожижевська (1680 м н. р. м.) [6]. Ю. Й. Кобів із співавторами (2017) наводять *G. acaulis* у видовому складі ценозу північно–східного схилу г. Піп Іван Мармароський, розташованого на висоті 1835 м н. р. м. [26].

Згідно наукових даних [6], щільність особин на північно–східних схилах не перевищувала 0,7 ос./м²; на східному схилі г. Шпиці нами було відзначено лише існування поодиноких груп особин. У той час, як на південних і південно–східних схилах щільність особин коливалася від 3 до 11,6 ос./м².

Ймовірно, особливості екології цього виду й визначають його ареал та пояснюють зміщення нижньої межі ареалу у висотному напрямі на 200–250 м. У ХХІ столітті цей таксон поширений лише у високогірних районах найвищих гірських масивів Українських Карпат, зокрема, Чорногори та Свидовця [3]. На нижчих гірських хребтах локалітети *G. acaulis* виявляють біля вершин гір, як й у випадку дослідженого нами місця росту *G. acaulis* на г. Петрос Мармароський.

Аналіз отриманих результатів показує, що дестабілізація ареалів досліджених видів на території Українських Карпат зумовлена трансформацією середовища під впливом як природних, так й антропогенних чинників. До початку–середини ХХ століття основна роль у зміні оселищ видів рослин в Українських Карпатах належала природним факторам: орогенезу, глобальним змінам клімату, резерватогенним сукцесіям тощо. Із середини ХХ століття фрагментацію ареалів у більшій мірі почали зумовлювати антропогенні чинники: пасторальне навантаження, викошування, рекреація, збирання (зривання і викопування) рослин [27]. Останнє зумовлено фармакологічними (*G. lutea*, *G. punctata*) та декоративними (*G. acaulis*) властивостями видів.

Необхідно зазначити, що види *G. lutea* і *G. punctata* не внесено у Державну фармакопею України (2011), тому промислова заготівля їхньої сировини в Українських Карпатах не здійснюється. У той же час, місцеве населення активно використовує лікарську сировину цих видів. При цьому вилучаються здебільшого середньовікові генеративні особини, що відображається не лише на щільності рослин, але й на репродукції насіння та життєздатності популяції у цілому. Необхідно зазначити, що для видів *G. lutea* та *G. punctata* властиве різне «функціональне призначення насіння», тобто частина насіння осипається восени на ґрунт і проростає навесні, а інша – залишається в плодах генеративних пагонів до наступного

вегетаційного періоду. Ця частина насіння зберігає здатність до проростання упродовж тривалого часу і характеризується високою життєвістю. Тому, враховуючи властиву цим таксонам перерву у цвітінні, – це є резерв для самопідтримання популяції у наступному році. Будь-які форми елімінації генеративних пагонів у результаті викошування, випасу, збирання рослин позначаються на здатності до генеративного поновлення популяцій цих видів.

Проте не лише науково необґрунтована заготівля кореневищ видів *G. lutea*, *G. punctata* і зривання на букети квіток *G. acaulis* спричинюють структурно-функціональні зміни їх внутрішньопопуляційної та просторової організації. Цьому сприяє й трансформація різнотравно-злакових угруповань у щільнодернинні вторинні ценози, яка призводить до порушення структурної цілісності популяцій цих видів, утворення їх ізольованих фрагментів, які з часом можуть повністю зникнути зі складу екосистем. Нами підтверджено, що щільнодернинні злаки високої життєвості (*Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv, *Nardus stricta* L. створюють негативне фітоценотичне оточення для рослин початкових етапів онтогенезу *G. lutea*. Негативним видом-сусідом є й *Carlina acaulis* L., розлогі розетки якого також гальмують ріст підросту тирличу жовтого. Це пов'язано з тим, що у молодих особин завжди менша конкурентна здатність, порівняно із дорослими [8]. Значну кількість рослин *C. acaulis* відзначено у складі фітоценозів г. Ворожеска та г. Піп Іван Мармароський. У локалітетах *G. punctata* явище задерніння ґрунту найбільше виражено на горах Брескул, Гутин Томнатик, Татул та Ворожеска. У альпійських ценозах, до складу яких входить вид *G. acaulis*, рясність *D. caespitosa* та *N. stricta* коливається від 10 % (г. Туркул, г. Ребра) до 30–40 % (г. Говерла).

В останні десятиліття в Українських Карпатах відбувається занепад гірського тваринництва. За припинення випасу у перші 10–20 років швидко відновлюються популяції видів конкурентного типу стратегій, до яких належать *G. lutea* і *G. punctata* [8, 25]. Проте, детермінування резерватогенних сукцесій вже через 30–40 років призводить до заростання полонин буковими і смерековими лісами; інтенсивно поширюється у субальпійські ценози й *Duschekia viridis* (Chaix) DC, *Juniperus sibirica* Bugsd та *P. mugo* Turra. Істотне збільшення (з 3 % до 30 %) проективного покриття цих чагарників у субальпійському і нижній частині альпійського поясів на цьому етапі демураційних сукцесій призводить до масштабного зменшення чисельності популяцій рідкісних лучних видів, у тому числі *G. lutea*, *G. punctata* й *G. acaulis* [8, 21].

Особливу небезпеку це становить для найбільшої на даний час субпопуляції виду *G. acaulis* на г. Туркул. Під загрозою є й оселище на г. Петрос Мармароський, розташоване у субальпійському поясі. Рослини *G. acaulis* мають високу чутливість до затінення у фенофазах бутонізації та початку цвітіння [4]. Процес відмирання дорослих особин *G. acaulis* внаслідок затінення сусідами триває від 1 до 4 (6) років, залежно від їхнього вікового стану і життєвості, а також від величини і режиму затінення [7]. Зімкнутість чагарників у локалітетах *G. lutea* та *G. punctata* не повинна перевищувати 10 %. За більш інтенсивного заростання їх ценозів чагарниковою рослинністю спостерігається фрагментація ценопопуляцій на окремі локуси та поступова елімінація рослин зі складу угруповань, що спостерігається у місцях росту *G. lutea* на п. Рогнеска, г. Ворожеска, г. Петрос Мармароський. Ступінь зімкнення чагарників у локалітеті *G. punctata* на г. Ворожеска становить 70 %.

Трансформація трав'янистих формацій у чагарникові та чагарничкові відбувається навіть на полонинах, що піддаються інтенсивному пасторальному навантаженню. Демураційні процеси у цьому випадку зумовлюють кліматичні зміни [9]. Саме з ними пов'язують і збільшення середньої висоти віргінільних особин *J. sibirica* з 13–14 см до 28–30 см та *P. mugo* – з 36–38 см до 71–74 см [26] та збільшення їх проективного покриття. Хоча деякі автори зазначають, що потепління спричинює й інші зміни: воно зменшує товщину снігового покриву у субальпійському поясі, що інколи призводить до локального вимерзання чагарничкової рослинності, зокрема *Vaccinium* sp. [28]. Такі «оголені» мікролокуси доволі швидко заселяються рослинами *G. lutea* або *G. punctata* [26].

Не лише кліматогенне висотне зміщення поясів рослинності на вищі гіпсометричні рівні призводить до інсуляризації ареалів високогірних видів роду *Gentiana*. Досліджувані види

чутливі до зміни терморезиму місць їх росту. Так, підвищення температури повітря на 1,5° С призводить до зміни репродуктивної здатності особин *G. lutea*. Рослини *G. punctata* чутливі до підвищення середньорічної температури навіть 0,5° С. Це пов'язано зі зниженням показників вологості повітря, водного режиму ґрунту, аерації, омброрезиму, а також зі зміною фізико-хімічних властивостей ґрунту (кислотність, сольовий режим і вміст карбонатів, трансформація азотних сполук). Зміна біотопу призводить до зникнення одних видів, появи інших та може завершитися загибеллю популяцій досліджуваних видів і фрагментацією їх ареалів відповідно.

Рекреація є ще одним чинником, що зумовлює руйнування внутрішньопопуляційної структури високогірних видів роду *Gentiana* та деградацію їх ареалу, навіть на території природоохоронних об'єктів, де випас припинено [5]. Особливо це стосується видів *G. punctata* і *G. acaulis*, часткові популяції яких розташовані поблизу туристичних маршрутів [5]. Інтенсивне витоштування одночасно із збиранням квіток *G. acaulis* у букети призводить до змін едафотопу, порушення умов росту рослин і взаємозв'язків між ними, що, у кінцевому результаті, відображається на життєвості особин, спрощує їх онтогенез, зумовлює елімінацію часткових популяцій та руйнування просторової організації метапопуляцій у цілому [5].

Висновки

Отже, проведений аналіз показав, що дестабілізація ареалів видів роду *Gentiana* у флорі Українських Карпат зумовлена трансформацією середовища під впливом як природних, так й антропогенних чинників. Це свідчить про необхідність застосовування активних заходів для збереження цих видів, які передбачають як цілеспрямоване втручання у екосистеми заповідних територій – контрольоване точкове випасання, викошування і вирубування чагарників, так і залучення нових стратегій відновлення популяцій досліджуваних видів і стабілізації їх чисельності.

1. Вишневський В. І., Шевчук С. А. Використання даних дистанційного зондування Землі для з'ясування термічних особливостей Українських Карпат. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. Т. 12. С. 47–52.
2. Життєздатність популяцій рослин високогір'я Українських Карпат / за ред. Й. Царика. Львів : Меркатор, 2009. 172 с.
3. Кауле Г., Тасенкевич Л. О. Знахідка *Gentiana acaulis* L. (Gentianaceae) у Сколівських Бескидах (Українські Карпати). *Український ботанічний журнал*. 2007. Т. 64, № 5. С. 730–732.
4. Кияк В. Г. Варіабельність онтогенезу особин у популяціях рідкісних видів рослин високогір'я Українських Карпат. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*. 2012. Т. 3 (10), № 1. С. 77–92.
5. Кияк В. Г. Антропогенні чинники загрози популяціям рідкісних видів рослин високогір'я Українських Карпат. *Рослинний світ у червоній книзі України: впровадження глобальної стратегії збереження рослин* : матеріали III міжнарод. наук. конф. (Львів, 4–7 черв. 2014 р.). Львів : Інститут екології Карпат, 2014. С. 116–118.
6. Кияк В. Г. Зміни структури популяцій рідкісних та ендемічних видів рослин високогір'я Карпат під впливом антропогенних чинників. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*. 2013. Т. 4 (11), № 1. С. 111–122.
7. Кияк В. Г. Особливості сусідства, асоційованості і взаємовпливу між популяціями рідкісних видів рослин у високогір'ї Карпат. *Наукові записки державного природознавчого музею*. 2007. Вип. 23. С. 31–42.
8. Кияк В. Г., Білонога В. М. Сучасні структурні зміни популяцій рослин високогір'я Українських Карпат. *Наукові записки державного природознавчого музею*. 2016. Т. 32. С. 39–48.
9. Кияк В. Г., Штупун В., Білонога В. М. Кліматогенні загрози популяціям рідкісних і ендемічних видів рослин високогір'я Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 74. С. 104–115.
10. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат : монографія / Дідух Я. П. та ін.; наук. ред. Я. П. Дідух, І. І. Чорней. Чернівці : Друк Арт, 2016. 280 с.
11. Кобів Ю. Й. Збереження оселищ рідкісних видів рослин. *Збереження біотичного різноманіття у високогір'ї Українських Карпат* / за ред. Й. В. Царика. Львів : Меркатор, 2009. С. 19–22.

12. Кобів Ю. Й. Роль придатних мікрооселищ у самовідновленні популяцій рідкісних видів рослин Українських Карпат. *Український ботанічний журнал*. 2012. Т. 69, № 2. С. 178–189.
13. Крысь З.-О. П. Эколого-биологические предпосылки охраны и обогащения запасов горечавки желтой (*Gentiana lutea* L.) в Украинских Карпатах : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук : 03.00.05. Київ, 1972. 28 с.
14. Кульбанська С. М., Буняк В. І. Рідкісні види родини Gentianaceae в Східних Горганах. Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин : матеріали міжнар. конф. (Київ, 11–15 жовтня 2010 р.). Київ: Альтерпрес, 2010. С. 118–119.
15. Кушинська М. Консортивна структура представників роду *Gentiana* L. у високогір'ї Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2010. Вип. 52. С. 117–125.
16. Малиновський К. А., Кричфалушій В. В. Високогірна рослинність. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 232 с.
17. Москалюк Б. І. Сучасний стан популяцій високогірних видів роду *Gentiana* L. та наукові основи їх охорони в Українських Карпатах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2010. 20 с.
18. Москалюк Б. І., Комендар В. І. Високогірні види роду *Gentiana* L. в Українських Карпатах та наукові основи їх охорони. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Біологія»*. 2008. Т. 24. С. 234–243.
19. Структура популяцій рідкісних видів флори Карпат / К. А. Малиновський та ін. Київ : Наукова думка, 1998. 176 с.
20. Тирлич жовтий (*Gentiana lutea* L.) в Українських Карпатах / Бедей М. І., Крись О. П., Волощук М. І., Маханець І. А. Ужгород : ПП «Повч Р.М», 2010. 132 с.
21. Царик Й. В., Горбань І. М., Решетило О. С. Фактори загроз біорізноманіттю заповідних територій Українських Карпат, Розточчя та Західного Полісся : моногр. Львів : СПОЛОМ, 2016. С. 120.
22. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
23. Чопик В. І. Високогірна флора Українських Карпат. Київ : Наукова думка, 1976. 269 с.
24. Satorci A., Piermarteri K., Tardella F. M. Pedo-climatic and land use preferences of *Gentiana lutea* subsp. *lutea* in central Italy. *Plant Ecology and Evolution*. 2014. Vol. 147, № 2. P. 176–186. doi: 10.5091/plecevo.2014.962.
25. Kobiv Yu. Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians. *Folia Geobotanica*. 2017. Vol. 52, № 2. P. 217–226.
26. Kobiv Yu., Prokopiv A., Nachychko V., Borsukevych L., Helesh M. Distribution and population status of rare plant species in the Marmarosh Mountains (Ukrainian Carpathians). *Ukrainian Botanical Journal*. 2017. Vol. 74, Iss. 2. P. 163–176.
27. Mayorova O. Yu., Hrytsak L. R., Drobyk N. M. The Strategy of *Gentiana lutea* L. populations in the Ukrainian Carpathians. *Russian Journal of Ecology*. 2015. Vol. 46 (1). P. 43–50.
28. Taulavuori K., Laine K., Taulavuori E. Experimental studies on *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea* in relation to air pollution and global change at northern high latitudes: a review. *Environmental and Experimental Botany*. 2013. Vol. 87. P. 191–196.

References

1. Vyshnevskyy V. I., Shevchuk S. A. Vykorystannia danykh dystantsiynoho zonduvannia Zemli dlia ziasuvannia termichnykh osoblyvostey Ukrainskykh Karpat. *Ukrainskyy zhurnal dystantsiynoho zonduvannia Zemli*. 2017. T. 12. S. 47–52. [in Ukrainian]
2. Zhyttiezdatnist populiatsiy roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat / za red. Y. Tsaryka. Lviv : Merkator, 2009. 172 s. [in Ukrainian]
3. Kaule H., Tasienevych L. O. Znakhidka *Gentiana acaulis* L. (Gentianaceae) u Skolivskykh Beskydakh (Ukrainski Karpaty). *Ukrainskyy botanichnyy zhurnal*. 2007. T. 64, No 5. S. 730–732. [in Ukrainian]
4. Kyiak V. H. Variabelnist ontogenezu osobyn u populiatsiiakh ridkisnykh vydiv roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat. *Naukovi osnovy zberezhenia biotychnoi riznomanitnosti*. 2012. T. 3 (10), No 1. S. 77–92. [in Ukrainian]
5. Kyiak V. H. Antropohenni chynnyky zahrozy populiatsiiam ridkisnykh vydiv roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat. *Roslynnnyy svit u chervoniy knyzi Ukrainy: vprovadzhenia hlobalnoi stratehii zberezhenia roslyn : materialy III mizhnarod. nauk. konf. (Lviv, 4–7 cherv. 2014 r.)*. Lviv : Instytut ekolohii Karpat, 2014. S. 116–118. [in Ukrainian]

6. Kyiak V. H. Zminy struktury populatsiy ridkisnykh ta endemichnykh vydiv roslyn vysokohiria Karpat pid vplyvom antropohennykh chynnykiv. *Naukovi osnovy zberezhennia biotychnoi riznomanitnosti*. 2013. T. 4 (11), No 1. S. 111–122. [in Ukrainian]
7. Kyiak V. H. Osoblyvosti susidstva, asotsiyovanosti i vzaiemovplyvu mizh populatsiiamy ridkisnykh vydiv roslyn u vysokohiri Karpat. *Naukovi zapysky derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu*. 2007. Vyp. 23. S. 31–42. [in Ukrainian]
8. Kyiak V. H., Bilonoha V. M. Suchasni strukturni zminy populatsiy roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat. *Naukovi zapysky derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu*. 2016. T. 32. S. 39–48. [in Ukrainian]
9. Kyiak V. H., Shtupun V., Bilonoha V. M. Klimatohenni zahrozy populatsiiamy ridkisnykh i endemichnykh vydiv roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna*. 2016. Vyp. 74. S. 104–115. [in Ukrainian]
10. Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrainskykh Karpat : monohrafiia / Didukh Ya. P. ta in.; nauk. red. Ya. P. Didukh, I. I. Chorney. Chernivtsi : Druk Art, 2016. 280 s. [in Ukrainian]
11. Kobiv Yu. Y. Zberezhennia oselyshch ridkisnykh vydiv roslyn. Zberezhennia biotychnoho riznomanittia u vysokohiri Ukrainskykh Karpat / za red. Y. V. Tsaryka. Lviv : Merkator, 2009b. S. 19–22. [in Ukrainian]
12. Kobiv Yu. Y. Rol prydatnykh mikrooselyshch u samovidnovlenni populatsiy ridkisnykh vydiv roslyn Ukrainskykh Karpat. *Ukrainskyy botanichnyy zhurnal*. 2012. T. 69, No 2. S. 178–189. [in Ukrainian]
13. Krys Z.-O. P. Ekologo-biologicheskie predposylki okhrany i obogashchennia zapasov gorechavki zheltoy (*Gentiana lutea* L.) v Ukrainiskikh Karpatakh : avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni kand. biol. nauk : 03.00.05. Kiiv, 1972. 28 s. [in Russian]
14. Kulbanska S.M., Buniak V.I. Ridkisini vydy rodyny Gentianaceae v Skhidnykh Horhanakh. Roslynnyy svit u Chervoniy knyzi Ukrainy: vprovadzhennia Hlobalnoi stratehii zberezhennia roslyn : materialy mizhnar. konf. (Kyiv, 11–15 zhovtnia 2010 r.). Kyiv: Alterpres, 2010. C. 118–119. [in Ukrainian]
15. Kushynska M. Konsortyvna struktura predstavnykiv rodu *Gentiana* L. u vysokohiri Ukrainskykh Karpat. *Visnyk Lvivskoho univrsytetu. Serii biologichna*. 2010. Vyp. 52. S. 117–125. [in Ukrainian]
16. Malynovskyy K. A., Krichfalushiy V. V. Vysokohirna roslynnist. Kyiv : Fitosotsiotsentr, 2000. 232 s. [in Ukrainian]
17. Moskaliuk B. I. Suchasnyy stan populatsiy vysokohirnykh vydiv rodu *Gentiana* L. ta naukovi osnovy ikh okhorony v Ukrainskykh Karpatakh : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk : 03.00.05. Kyiv, 2010. 20 s. [in Ukrainian]
18. Moskaliuk B. I., Komendar V. I. Vysokohirni vydy rodu *Gentiana* L. v Ukrainskykh Karpatakh ta naukovi osnovy ikh okhorony. *Naukovyy visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii «Biologhiia»*. 2008. T. 24. S. 234–243. [in Ukrainian]
19. Struktura populatsiy ridkisnykh vydiv flory Karpat / K. A. Malynovskyy ta in. Kyiv : Naukova dumka, 1998. 176 s. [in Ukrainian]
20. Tyrlych zhovtyy (*Gentiana lutea* L.) v Ukrainskykh Karpatakh / Bedey M. I., Krys O. P., Voloshchuk M. I., Makhnans I. A. Uzhhorod : PP «Povch R.M.», 2010. 132 s. [in Ukrainian]
21. Tsaryk Y. V., Horban I. M., Reshetylo O. S. Faktory zahroz bioriznomanittiu zapovidnykh terytoriy Ukrainskykh Karpat, Roztochchia ta Zakhidnoho Polissia : monohr. Lviv : SPOLOM, 2016. S. 120. [in Ukrainian]
22. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyy svit / za red. Ya. P. Didukha. Kyiv : Hlobalkonsaltnh, 2009. 900 s. [in Ukrainian]
23. Chopyk V. I. Vysokohirna flora Ukrainskykh Karpat. Kyiv: Naukova dumka, 1976. 269 s. [in Ukrainian]
24. Catorci A., Piermarteri K., Tardella F. M. Pedo-climatic and land use preferences of *Gentiana lutea* subsp. *lutea* in central Italy. *Plant Ecology and Evolution*. 2014. Vol. 147, № 2. P. 176–186. doi: 10.5091/plecevo.2014.962.
25. Kobiv Yu. Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians. *Folia Geobotanica*. 2017. Vol. 52, № 2. P. 217–226.
26. Kobiv Yu., Prokopiv A., Nachychko V., Borsukevych L., Helesh M. Distribution and population status of rare plant species in the Marmarosh Mountains (Ukrainian Carpathians). *Ukrainian Botanical Journal*. 2017. Vol. 74, Iss. 2. P. 163–176.
27. Mayorova O. Yu., Hrytsak L. R., Drobyk N. M. The Strategy of *Gentiana lutea* L. populations in the Ukrainian Carpathians. *Russian Journal of Ecology*. 2015. Vol. 46 (1). P. 43–50.
28. Taulavuori K., Laine K., Taulavuori E. Experimental studies on *Vaccinium myrtillus* and *Vaccinium vitis-idaea* in relation to air pollution and global change at northern high latitudes: a review. *Environmental and Experimental Botany*. 2013. Vol. 87. P. 191–196.

L. R. Hrytsak, O. Yu. Mayorova, M. Z. Prokopiak, N. M. Drobyk
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

CURRENT CAUSES OF HIGHLAND GENUS *GENTIANA* L. SPECIES HABITAT FRAGMENTATION

Peculiarities of changes in chorology of rare species *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L. in the Ukrainian Carpathians have been analyzed and the reasons which cause fragmentation of these species' populations and destabilization of their habitats have been determined. The existence of 10 natural and 3 introduced populations of *G. lutea*, 6 partial populations of *G. punctata* on Chornohora, Svydovets and Marmarosh massifs, as well as 7 partial populations of *G. acaulis* has been confirmed. Eight populations of *G. lutea* disappeared from the flora of the Ukrainian Carpathians. During the 2nd half of the 20th century, *G. punctata* was extirpated in large open spaces in the mountains of Chornohora, Chyvchyn, and Svydovets. The area of most of the existing populations of *G. acaulis* decreased to 0.3 ha. The lower boundary of species ranges in altitude direction has shifted to 200-250 m (*G. acaulis*), 300-350 m (*G. punctata*), 500 m (*G. lutea*); the optimum of abiotic conditions of *G. lutea* and *G. punctata* moved from southern slopes to north-western and north-eastern slopes, while populations of *G. acaulis* on southern slopes localized at altitudes close to the extreme upper limit of their range. The main factors predetermining structural and functional changes in the intrapopulation and spatial organization include the transformation of motley grass groupings into densely turfed secondary cenoses; determination of reserveogenic successions due to decline in mountain animal husbandry and significant increase (from 1-2 % to 90 %) in the projective cover of shrubs in species growth localities; recreation (especially in case of *G. acaulis*); picking plants for bunches and digging them up.

Keywords: *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis*, chorology, habitat destabilization factors.

Надійшла 22.07.2021.

УДК: 591.4:595.42

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.5

О. М. МАРЧУК, С. С. ПОДОБІВСЬКИЙ, Л. Я. ФЕДОНЮК

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України
Майдан Волі, 1, Тернопіль, 46001
e-mail: podobivskiy@tdmu.edu.ua

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСМІСИВНИХ ІНФЕКЦІЙ, ЩО ПЕРЕДАЮТЬСЯ КЛІЩАМИ ТА КОМАРАМИ

У роботі використано уніфіковану, розроблену нами методику, що допомагає швидко отримувати результати щодо зараженості кліщів та комарів. Це допомагає лікарям-клініцистам підтвердити чи спростувати поставлений діагноз та відслідковувати епідеміологічну ситуацію. Використання розробленої методики дозволяє проводити дослідження на визначення збудників та отримувати результат за час, який відведений на повний цикл досліджень. Уперше проведено дослідження комарів на наявність фрагментів ДНК *Babesia species* і РНК вірусу кліщового енцефаліту (ТБЕВ), які дали проміжний позитивний результат.

Ключові слова: полімеразно-ланцюгова реакція в режимі реального часу, трансмісивні інфекції, рестрикційний аналіз, Nested PCR.

Сучасні аспекти розповсюдження, розмаїття та поширеності на теренах України та Європейського континенту кліщів та комарів спонукають науковців до більш детального вивчення питання щодо визначення найбільш інформативних методів дослідження у розповсюдженні трансмісивних інфекцій. Враховуючи те, що є велика кількість збудників

L. R. HRYTSAK, O. Yu. Mayorova, M. Z. Prokopiak, N. M. Drobyk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

CURRENT CAUSES OF HIGHLAND GENUS *GENTIANA* L. SPECIES HABITAT FRAGMENTATION

Peculiarities of changes in chorology of rare species *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L. in the Ukrainian Carpathians have been analyzed and the reasons which cause fragmentation of these species' populations and destabilization of their habitats have been determined. The existence of 10 natural and 3 introduced populations of *G. lutea*, 6 partial populations of *G. punctata* on Chornohora, Svydovets and Marmarosh massifs, as well as 7 partial populations of *G. acaulis* has been confirmed. Eight populations of *G. lutea* disappeared from the flora of the Ukrainian Carpathians. During the 2nd half of the 20th century, *G. punctata* was extirpated in large open spaces in the mountains of Chornohora, Chyvchyn, and Svydovets. The area of most of the existing populations of *G. acaulis* decreased to 0.3 ha. The lower boundary of species ranges in altitude direction has shifted to 200-250 m (*G. acaulis*), 300-350 m (*G. punctata*), 500 m (*G. lutea*); the optimum of abiotic conditions of *G. lutea* and *G. punctata* moved from southern slopes to north-western and north-eastern slopes, while populations of *G. acaulis* on southern slopes localized at altitudes close to the extreme upper limit of their range. The main factors predetermining structural and functional changes in the intrapopulation and spatial organization include the transformation of motley grass groupings into densely turfed secondary cenoses; determination of reserveogenic successions due to decline in mountain animal husbandry and significant increase (from 1-2 % to 90 %) in the projective cover of shrubs in species growth localities; recreation (especially in case of *G. acaulis*); picking plants for bunches and digging them up.

Keywords: *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis*, chorology, habitat destabilization factors.

Надійшла 22.07.2021.

УДК: 591.4:595.42

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.5

О. М. МАРЧУК, С. С. ПОДОБІВСЬКИЙ, Л. Я. ФЕДОНЮК

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

Майдан Волі, 1, Тернопіль, 46001

e-mail: podobivskiy@tdmu.edu.ua

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСМІСИВНИХ ІНФЕКЦІЙ, ЩО ПЕРЕДАЮТЬСЯ КЛІЩАМИ ТА КОМАРАМИ

У роботі використано уніфіковану, розроблену нами методику, що допомагає швидко отримувати результати щодо зараженості кліщів та комарів. Це допомагає лікарям-клініцистам підтвердити чи спростувати поставлений діагноз та відслідковувати епідеміологічну ситуацію. Використання розробленої методики дозволяє проводити дослідження на визначення збудників та отримувати результат за час, який відведений на повний цикл досліджень. Уперше проведено дослідження комарів на наявність фрагментів ДНК *Babesia species* і РНК вірусу кліщового енцефаліту (ТБЕВ), які дали проміжний позитивний результат.

Ключові слова: полімеразно-ланцюгова реакція в режимі реального часу, трансмісивні інфекції, рестрикційний аналіз, Nested PCR.

Сучасні аспекти розповсюдження, розмаїття та поширеності на теренах України та Європейського континенту кліщів та комарів спонукають науковців до більш детального вивчення питання щодо визначення найбільш інформативних методів дослідження у розповсюдженні трансмісивних інфекцій. Враховуючи те, що є велика кількість збудників

трансмисивних інфекцій, виникає необхідність у вдосконаленні та оптимізації самих методів дослідження [1, 4].

У багатьох країнах Європи проводяться дослідження на наявність різноманітних збудників трансмісивних інфекцій, що передаються кліщами і комарами різними методами, перш за все шляхом ПЛР. Так в північно-східному регіоні Німеччини були досліджені деякі види спірохет, які спричинюють мультисистемні порушення в організмі людини, що спричинюють відповідні захворювання. Мало знані на той час циркуляція деяких видів *Borrelia species* та TBEV (Ticks Borne Encephalitis Virus).

Були проведені також дослідження різних стадій розвитку кліщів із лісів Мекленбург, що у західній Померанії (Mecklenburg-Western Pomerania). Екстракцію РНК проводили з наступною постановкою зворотної транскрипції, для отримання кДНК, проведення I ампліфікації. Та метод, який додатково застосовувався для проведення II ампліфікації з метою визначення генотипу, – це Nested PCR [2].

Науковцями зі Словенії були проведені дослідження кліщів *Ixodes ricinus* та гризунів на наявність *Borrelia miyamotoi*, *Borrelia afzelii*, *Borrelia burgdorferi sensu lato*. Здійснювались також наукові дослідження на вміст ко-інфекцій, де переважна кількість збудників серед кліщів були *B. miyamotoi* (1,7 %), *B. burgdorferi s.l.* (16,9 %) відповідно. Серед гризунів, як контраст, були виявлені *B. burgdorferi sensu lato* (11,9 %). Послідовність фрагмента гена флагеліна (*B. miyamotoi*) glp Q в цих дослідженнях показали високий ступінь ідентичності з послідовностями гена, ампліфікованими від кліщів та пацієнтів людини в Європі [7].

За даними угорських науковців, була досліджена еко-епідеміологія спірохет *B. miyamotoi* та Лайм-бореліоза в популярній мисливсько-рекреаційній лісовій смузі Угорщини [5]. Досліджувалися не лише кліщі, але і їх проміжні хазяї – гризуни. Усі зразки перевіряли на наявність патогенів частини гена флагеліну кількісною мультиплексною полімеразно-ланцюговою реакцією в реальному часі (qPCR). А вже потім класичним методом ПЛР та секвенуванням проводили облік та аналіз отриманих даних.

Поєднання методів дослідження зробили вчені Tomasz Chmielewski, Janusz Fiett, Marek Gniadkowski, Stanislaw Tylewska-Wierzbanowska в рамках вивчення такого мультисистемного та багаторівневого захворювання, як хвороба Лайма [6]. Діагностика включала в себе історію про укуси кліщів, огляд місця укусів та клінічну картину, серологічні тести. Серонегативним пацієнтам були проведені додаткові обстеження. За допомогою ПЛР діагностики були використані нові олігонуклеотидні праймери на основі послідовності гену 16S rRNA *B. burgdorferi s. l.*, які були розроблені для виявлення спірохет у зразках крові, спинномозковій та синовіальних рідинах.

Спочатку екстрагували очищену ДНК, потім ампліфікували на три геновиди наборами праймерів, специфічними для 16S рДНК та/або за поліморфізмом довжини рестрикційного фрагмента 23S (rrl) – 5S (rrf). Рівень вимірювань специфічних антитіл до спірохет *B. burgdorferi* проводили у зразках крові, спинномозковій та синовіальних рідинах методами ІФА (імуноферментний аналіз) та Верстерн блотингу. Зразки крові, спинномозкової та синовіальної рідин культивували в клітинних лініях.

Тож клінічні зразки можуть бути використані для клінічних випробувань на наявність різновидів спірохет з клінічними симптомами на Лайм-бореліоз.

Матеріал і методи досліджень

На базі Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України створений Центр дослідження на Лайм-бореліоз та інших збудників трансмісивних інфекцій, де поєднується робота різних фахівців як медичного (клініцисти), так і біологічного (ентомологія) профілів [1, 4].

Матеріалом для досліджень були використані кліщі (від людей та від тварин), плазма крові, спинномозкова та синовіальна рідина. Клініцистами були направлені кров з ЕТДА (Етилендіамінтетраоцтова кислота) K₃ від хворих, які постраждали від укусів кліщів, та тих, які мали в анамнезі такі ситуації. І, як наслідок, можливі ускладнення: неврологічні, кардіологічні,

ортопедичні прояви. При цьому враховується вік, стать, місцевість, професія та місце проживання пацієнтів, уражених кліщами [1].

Сам процес визначення збудників трансмісивних інфекцій проходив в ампліфікаторі «Rotor Gene- 6000», 5-ти каналний («Corbett Research», Австралія), у режимі реального часу наборами, які містять зонди з флюоресцентною детекцією при проходженні кожного циклу.

Використовувались набори для екстракції ДНК/РНК «РеалБест- екстракція 100», фірми ВекторБест (представництво Україна). Набір розрахований на визначення 48 зразків, разом із контролями та набори для ампліфікації кожного збудника зокрема, розрахований на визначення 50 зразків, разом із контролями. А саме: «РеалБест ДНК *Borrelia burgdorferi s.l.*», «РеалБест ДНК *Anaplasma phagocytophilum/Ehrlichia muris/Ehrlichia chaffeensis*», ДНК *Borrelia miyamotoi*, а також «РеалБест ДНК *Babesia species*» та «РеалБест РНК ВКЕ» (представництво Україна).

Результати досліджень та їх обговорення

За даними літератури виникла експансія різних видів кліщів і комарів із південних регіонів на північ. Це, очевидно, зумовлено змінами кліматичних, екологічних, епідеміологічних і біологічних умов на цих територіях. Останні десятиліття розповсюдження кліщів, в силу адаптації до умов існування, урбанізувалися та освоїли нові ареали в населених пунктах різного типу, поблизу людей і тварин. Беручи до уваги те, що є необхідність визначати велику кількість збудників і робити дослідження систематизовано, виникла потреба в оптимізації вивчення патогенів трансмісивних інфекцій, які передаються кліщами та комарами [1, 4].

Нами проводилися дослідження, матеріалом для яких стали кліщі та комарі, кров з ЕДТА, ліквор і синовіальна рідина пацієнтів, які постраждали від укусів цих членистоногих. З кліщів та комарів робили суспензію та здійснювали екстракцію ДНК/РНК залежно від самого збудника і проводили ампліфікацію.

З 150 мкл сумарно виділеної РНК/ ДНК з суспензій кліщів або 150 мкл сумарно виділеної РНК/ДНК з клінічних зразків, отриманих від людей брали по 25 мкл для подальшої роботи. До реакційної суміші додавали відповідну кількість екстрагованої РНК/ДНК. Об'єм реакційної суміші має складати 50 мкл.

Дослідження, які проводилися нами, були спрямовані в основному на виявлення ДНК-вмісних збудників: *B. burgdorferi s. l.*, (комплекс *B. sensu stricto*, *B. afzelii*, *B. garini*), *B. miyamotoi*, *A. phagocytophilum*, *E. muris*, *E. chaffeensis*, *B. species* та РНК-вмісного вірусу кліщового енцефаліту (Tick Borne Encephalitis Virus (TBEV)) [3].

Використані нами набори для екстракції ДНК/РНК «РеалБест-екстракція 100» фірми ВекторБест (представництво Україна) розраховані на виділення 48–50 зразків разом з контролями та набори для ампліфікації для кожного збудника. А саме: «РеалБест ДНК *B. burgdorferi s.l.*», «РеалБест ДНК *A. phagocytophilum/E. muris, E. chaffeensis*», ДНК *B. miyamotoi*, а також «РеалБест ДНК *Babesia species*» та «РеалБест РНК ВКЕ» (представництво Україна).

Процес програмування включає в себе:

- денатурацію;
- відбір праймерів із комплементарними послідовностями;
- елонгацію нуклеотидних послідовностей праймерів.

У результаті відбувається накопичення флюоресцентних сигналів і наростання S-подібної кривої (гістограма на екрані комп'ютера, під'єданого до ампліфікатора).

Шляхом полімеразно-ланцюгової реакції здійснюється накопичення комплементарних фрагментів РНК/ДНК, яке збільшується в геометричній прогресії. У 5'-3' нуклеазної активності Таq ДНК- полімерази, яка розщеплює зонд з 5'- кінця. Таким чином, виникає відокремлення барвника (флюорофора) і гасника (супресора). Це дозволяє накопичувати продукт реакції та збільшити сигнал флюоресценції.

За результатами досліджень 50 зразків крові дорослих пацієнтів, уражених кліщами, було встановлено 17 випадків зараження *B. species* та 8 випадків зараження *Ticks Borne Encephalitis*

Virus. Зразків із *A. phagocytophilum/E. muris/E. chaffeensis*, *B. burgdorferi s. l.* та *B. miyamotoi* не виявлено.

Із досліджених 64 екземплярів кліщів, знятих з людей, виявлено 4 випадки носійства *A. phagocytophilum*, 8 випадків носійства *B. burgdorferi s. l.*, по одному випадку із носійством *B. miyamotoi*, *B. Species* і TBEV (вірус кліщового енцефаліту).

Додатково досліджувались кліщі, отримані з тварин (26 особин). У них було виявлено: *A. phagocytophilum* (у 2 екземплярів), *B. species* (10 екз.), TBEV (8 екз.).

Також дослідженню підлягали комарі (7 особин, (суспензії)), у яких не визначали збудник вірусу кліщового енцефаліту (TBEV). Із усіх досліджених збудників у комарів виявили лише *B. species* (1 екземпляр).

Для оптимізації методів досліджень використовується одночасне поєднання визначення ДНК-вмісних збудників, що сприяє більш швидкому їх визначенню. Тобто мова йде про скорочення часу для отримання результатів досліджень. Звичайно, що це ще залежить від кількості зразків, разом з контролями. Для ампліфікатора «Rotor Gene- 6000» максимальна кількість зразків разом з контролями є 36. Тому комбінації можуть бути різними: від 9 до 12 одночасно.

Залежно від завдань, які ставимо перед собою, пріоритет у дослідженні ставиться на обстеження максимальної кількості кліщів/комарів або іншого матеріалу.

У наших дослідженнях ми робимо як визначення ДНК-вмісних збудників, так і визначення РНК-вмісного вірусу кліщового енцефаліту (TBEV). РНК-вмісні патогени не підлягають зберіганню через швидке руйнування РНК. Отже, такі дослідження проводимо в першу чергу.

За даними світових джерел, ми не стикались з даними посилення, яким саме чином були проведені дослідження. Дослідження проводились на вказані кілька збудників окремо. Також немає конкретних даних, щоб проводили наукові досліди саме у такій кількості збудників. Їх може бути більше, а менша кількість. Зазвичай виникає потреба визначати максимальну кількість біоматеріалу для досліджень. Отже, проводимо ампліфікацію на визначення 5–7 збудників одночасно. Тобто за проходження 50 циклів ампліфікації, отримуємо результат одночасного визначення ДНК-вмісних патогенів: *B. burgdorferi s. l.*, *B. miyamotoi*, *A. phagocytophilum/E. muris*, *E. chaffeensis* по різних каналах детекції. Це суттєво економить час, затрачений на визначення, електроенергію та здійснює менші навантаження на саме обладнання.

Наступним визначенням є ДНК *Babesia species*. Для проведення ампліфікації можемо використовувати максимальну кількість мікропробірок з реакційною сумішшю – 36.

Аналіз та облік результатів дослідження проводиться за наявності флуоресцентного сигналу, при проходженні порогових значень всіх 50 циклів та наявності Ct ВКЗ кожної проби та Ct контролів по різних каналах визначення. Каналами детекції є Green, Yellow, Orange [7].

Отже, оптимальним та уніфікованим протоколом досліджень є:

1. Ідентифікація кліщів/комарів.
2. Виготовлення суспензій з кліщів/комарів або передпідготовка крові з ЕДТА, шляхом центрифугування при 13000 об./хв. на протязі 5 хвилин, за кімнатної температури (18–25)⁰С в окрему пробірку та окремо клітини крові.
3. Приготування реакційної суміші та розкrapування дослідних зразків на максимальну кількість збудників трансмісивних інфекцій.
4. Облік результатів дослідження.
5. Доцільне використання реактивів.

Висновки

У своїх дослідженнях ми обрали уніфіковану, нами розроблену методику, яка допомагає якнайшвидше давати результати визначень лікарям-клініцистам для підтвердження чи спростування поставленого діагнозу та відслідковування епідеміологічної ситуації щодо зараженості кліщів та комарів.

Використання нашої методики дозволяє проводити дослідження на визначення збудників та отримувати результат за час, який відведений на повний цикл досліджень. Має місце економія часу та електроенергії, зберігається саме обладнання під час його використання.

Уперше були проведені дослідження комарів на наявність фрагментів ДНК *Babesia species* і РНК вірусу кліщового енцефаліту (ТБЕВ), які дали проміжний позитивний результат.

1. Андрейчин М.А. та ін. Частота виявлення Борелій і Анаплазми у кліщів, вилучених від мешканців Тернопільської області. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції інфекціоністів і пленум ГО «Всеукраїнська Асоціація інфекціоністів». Житомир. 2017. С. 9–10.
2. Kjelland V. et al. Tick-borne encephalitis virus, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Borrelia miyamotoi*, *Anaplasma phagocytophilum* and *Candidatus Neoehrlichia mikurensis* in *Ixodes ricinus* ticks collected from recreational islands in southern Norway. *Ticks Tick Borne Dis.* 2018. № 5. P. 1098–1102.
3. Kubiak K, Szczotko M, Dmitryjuk M. *Borrelia miyamotoi*-An Emerging Human Tick-Borne Pathogen in Europe. *Microorganisms.* 2021. № 9 (1). P. 154.
4. Podobivskiy S.S. et al. Comparative characteristic of the morpho-physiological parameters biology and epidemiology of ixodidae (Ixodes and Dermacentor). *Deutscher Wissenschaftsberld.* 2018. № 2. P. 10–12.
5. Sándor Szekeres et al. Eco-epidemiology of *Borrelia miyamotoi* and Lyme borreliosis spirochetes in a popular hunting and recreational forest area in Hungary. *Szekeres et al. Parasites & Vectors.* 2015. № 8. P 309.
6. Tomasz Chmielewski, Janusz Fiett, Marek Gniadkowski, Stanisława Tylewska-Wierzbawska. Improvement in the laboratory recognition of lyme borreliosis with the combination of culture and PCR methods. *Mol Diagn.* 2003. № 7 (3–4). P. 155–62.
7. Zuzana Hamšíková et al. *Borrelia miyamotoi* and Co-Infection with *Borrelia afzelii* in *Ixodes ricinus* Ticks and Rodents from Slovakia. *Microb Ecol.* 2017. № 73 (4). P. 1000–1008.

References

1. Andreichyn M.A. et al. Chastota vyavlennia Borelii i Anaplazmy u klishchiv, vyluchenykh vid meshkantsiv Ternopilskoi oblasti. Mat. vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii infektsionistiv i plenum HO «Vseukrainska Asotsiatsiia infektsionistiv». Zhytomyr. 2017. С. 9–10. [in Ukrainian]
2. Kjelland V. et al. Tick-borne encephalitis virus, *Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Borrelia miyamotoi*, *Anaplasma phagocytophilum* and *Candidatus Neoehrlichia mikurensis* in *Ixodes ricinus* ticks collected from recreational islands in southern Norway. *Ticks Tick Borne Dis.* 2018. № 5. P. 1098–1102.
3. Kubiak K, Szczotko M, Dmitryjuk M. *Borrelia miyamotoi*-An Emerging Human Tick-Borne Pathogen in Europe. *Microorganisms.* 2021. № 9 (1). P. 154.
4. Podobivskiy S. S. et al. Comparative characteristic of the morpho-physiological parameters biology and epidemiology of ixodidae (Ixodes and Dermacentor). *Deutscher Wissenschaftsberld.* 2018. № 2. P. 10–12.
5. Sándor Szekeres et al. Eco-epidemiology of *Borrelia miyamotoi* and Lyme borreliosis spirochetes in a popular hunting and recreational forest area in Hungary. *Szekeres et al. Parasites & Vectors.* 2015. № 8. P 309.
6. Tomasz Chmielewski, Janusz Fiett, Marek Gniadkowski, Stanisława Tylewska-Wierzbawska. Improvement in the laboratory recognition of lyme borreliosis with the combination of culture and PCR methods. *Mol Diagn.* 2003. № 7 (3–4). P. 155–62.
7. Zuzana Hamšíková et al. *Borrelia miyamotoi* and Co-Infection with *Borrelia afzelii* in *Ixodes ricinus* Ticks and Rodents from Slovakia. *Microb Ecol.* 2017. № 73 (4). P. 1000–1008.

O. M. Marchuk, S. S. Podobivskiy, L. Ya. Fedoniuk

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ukraine

OPTIMIZATION OF RESEARCH METHODS OF INFECTIONS TRANSMITTED BY TICKS AND MOSQUITOES

In many European countries, research is being conducted on the presence of various pathogens of infections transmitted by ticks and mosquitoes by various methods, primarily by polymerase chain reaction. These include the study of certain species of spirochetes that cause multisystem disorders in the human body, including the little-known circulation of some species of *Borrelia* species and Ticks Borne Encephalitis Virus in northeastern Germany and the study of various stages of mite development in western Pomerania, Slovenia; study of eco-epidemiology of *B. miyamotoi* spirochetes and Lyme borreliosis in the popular hunting and recreational forest belt of Hungary, comprehensive

studies by T. Chmielewski, J. Fiett, M. Gniadkowski, S. Tylewska-Wierzbanowska in the study of such a multisystem and multilevel disease as Lyme disease.

We performed PCR studies based on ticks and mosquitoes, EDTA blood, cerebrospinal fluid and synovial fluid of patients affected by the bites of these arthropods. Ticks and mosquitoes were suspended and DNA/RNA was extracted depending on the pathogen and amplified. They were aimed mainly at detecting DNA-containing pathogens: *B. burgdorferi s. l.*, (*complex B. sensu stricto*, *B. afzelii*, *B. garini*), *B. miyamotoi*, *A. phagocytophilum*, *E. muris*, *E. chaffeensis*, *B. species* and RNA-containing tick-borne encephalitis virus.

To optimize research methods, a simultaneous combination of detection of all DNA-containing pathogens and a separate study of RNA-containing tick-borne encephalitis virus is used, which facilitates their faster detection. This reduces the time to get results.

In our search, we have chosen to use a unified methodology we developed, which helps to give the results of determinations to clinicians as soon as possible to confirm or refute the diagnosis and monitor the epidemiological situation regarding the infection of ticks and mosquitoes.

The use of our methodology allows us to conduct research to identify pathogens and obtain results in the time allotted for the full cycle of research. It saves time and electricity, the equipment itself is stored during its use.

For the first time, mosquito studies were performed for the presence of DNA fragments of *Babesia species* and RNA of tick-borne encephalitis virus, which gave an intermediate positive result.

Keywords: real-time polymerase chain reaction, transmissible infections, restriction analysis, Nested PCR.

Надійшла 20.08.2021.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 633.8-0.2526:005.332.8

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.6

Г. Б. ГУМЕНЮК, В. О. ХОМЕНЧУК, О. Б. МАЦЮК, Р. Л. ЯВОРІВСЬКИЙ,
М. М. СОДОМОРА, Н. М. ДРОБИК

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

ПРОДУКТИВНІ ЯКОСТІ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО (*BRASSICA NAPUS L.*)

Проведено дослідження з визначення життєздатності пилку квіток, вмісту моноцукрів та нектаропродуктивності гібридів ріпаку озимого ДК Експрешн, Куга, Смарагд, ПТ 264, Абакус в умовах Лісостепу України. У гібридів ріпаку Смарагд та Куга виявлено найбільше життєздатного пилку. Середня кількість моноцукрів значно більша в гібридів Абакус і Куга. Найбільшою нектаропродуктивністю характеризуються гібриди Куга і Смарагд.

Ключові слова: *Brassica napus L.*, гібрид, продуктивність, нектаропродуктивність, моноцукри.

Цінність ріпаку озимого (*Brassica napus L.*) як важливої сільськогосподарської культури визначається його здатністю виступати стабілізатором у сівозміні, пригнічуючи бур'яни та поліпшуючи якість ґрунту. У багатьох країнах ріпак – стратегічна культура для виробництва олії, яка використовується у харчовій промисловості, а за своїми властивостями складає конкуренцію навіть оливковій. Ріпак також використовують у переробній промисловості та у виробництві біопалива [9].

Окрім того, ріпак є одним із найкращих медоносів, який уже рано навесні забезпечує бджіл нектаром і пилком. Період цвітіння ріпаку триває понад 30 діб і має виключно важливе значення для життя бджолиних сімей, оскільки у ранньовесняний період вони повинні нарощувати велику кількість розплуду, для чого необхідна велика кількість нектару і білкового корму (пилку). Нектар є продуктом харчування і одночасно джерелом отримання меду – з одного гектара ріпаку можна отримати до 100 кг меду [18].

Створення високонектарних сортів та гібридів ріпаку становить великий практичний інтерес для бджолиних господарств [8]. Як і переважна більшість озимих культур, ріпак потребує особливих технологічних умов. Врожайність ріпаку може сягати 70 ц/га, що залежить від якості обраного гібриду чи сорту [6].

Дослідження показали, що нектаропродуктивність квіток є індивідуальною особливістю гібриду. Особливо важливо враховувати ознаки нектаропродуктивності селекціонерам при створенні нових сортів ріпаку. Ученими встановлено тісний взаємозв'язок нектаропродуктивності та бджолозапилення з господарсько-цінними показниками ріпаку [3, 5, 12, 15, 16, 17].

Механізми, які визначають рівень відвідування квітучої рослини бджолою, різні. Вони включають забарвлення пелюсток [10], запах квітучої рослини [8], форму квітки [16, 17], години масового квітучого періоду [17] та ін. Аналіз наукової літератури засвідчує, що основним

спонукальним мотивом для привернення бджоли залишається нектаропродуктивність та якість нектару [1, 8, 10].

Згідно з даними Бурмістрова О. М. [16], інтенсивність виділення нектару залежить також від гібридних особливостей рослини.

Тому, метою наших досліджень було вивчення вмісту моноцукрів у нектарі квіток різних гібридів ріпаку озимого, нектаропродуктивності, а також життєздатності пилку.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили протягом 2020 року на дослідних полях компанії «Контінентал Фармерз Груп» в с. Колодіївка Тернопільської області (рис.).



Рис. Схема дослідницьких полів компанії «Контінентал Фармерз Груп», с. Колодіївка Підволочиського району Тернопільської області (1:50000).

Для прогнозування біологічного потенціалу та врожайності нами обрано гібриди озимого ріпаку Куга, Дк Експрешн, Смарагд та Абакус.

Гібрид Куга – це новий крок у розвитку селекції озимого ріпаку від компанії NPZ УКРАЇНА (ЛЕМВКЕ) [21]. Він характеризується поєднанням стійкості до стресових умов з неймовірно високим потенціалом урожайності. Помірно швидкий розвиток восени робить Кугу універсальним гібридом відносно строків посіву та застосування ретардантів. Його зимостійкість на дуже високому рівні, що відзначено на виробничих посівах в країнах Західної та Центральної Європи, Білорусі та України [6].

Гібрид озимого ріпаку Смарагд (виробник – Deutsche Saatveredelung AG (DSV) – це новостворений продукт із високою та стабільною врожайністю і потужним генетичним потенціалом материнської лінії. Упродовж 3-х випробувань у Європі та Україні (2016–2018 рр.) гібрид демонстрував надзвичайно стабільну врожайність насіння та вихід олії, незважаючи на вплив мінливих температур і різні стресові погодні умови, які проявлялися в періоди тестування [11].

Дк Експрешн – гібрид нової генерації для ультраконтинентальних умов вирощування виробництва компанії Monsanto Company [20]. Він характеризується високою стабільністю врожайності у всіх зонах та зимостійкістю, стійкістю до розстріскування стручків, а також високою стійкістю до фомозу та циліндрспорозу [20].

Абакус – це фундаментальний високоврожайний гібрид від компанії NPZ УКРАЇНА (ЛЕМВКЕ) [21] для раннього посіву. Особливістю гібрида Абакус є висока стійкість до

переростання восени. Тому цей гібрид доцільно використовувати як для ранніх, так і для пізніх строків посіву. Він дуже сильно реагує на внесення регуляторів росту восени [6].

Гібрид озимого ріпаку ПТ264 (виробник – BREVANT™ (Corteva Agriscience)) – високопродуктивний гібрид із відмінним рівнем посухостійкості. Характеризується високою стійкістю до розтріскування. При ранніх термінах висіву може потребувати внесення регуляторів росту для запобігання переростанню рослин та зниженню зимостійкості. Рекомендується вирощування в зонах Лісостепу, Полісся, Степу [14].

Відбір квіток проводили під час максимального льоту бджоли (близько 11 год. ранку). Використовували мікрометод визначення вільних та інвертованих цукрів ферріціанідним методом [19].

Для підрахунку кількості квіток на рослині використовували 9 рослин у кожному варіанті досліджу.

Досліджували свіжозібраний пилок. Життєздатність пилку визначали шляхом його пророщування у агаризованому (1 % агар-агару) живильному середовищі з 10 % цукрози [13]. Висновок про життєздатність пилку робили через 24 години після висівання за кількістю пророслих пилкових зерен у 5 полях зору мікроскопа.

Біологічну нектаропродуктивність гібридів ріпаку озимого (кількість цукру в нектарі квіток з 1 га, кг) визначали як добуток середньої кількості цукру, що виділяється однією квіткою (мг), тривалості життя квітки (днів), кількості квіток на одній рослині (шт.) і кількості рослин на 1 га суцільного травостою [1].

Отримані результати опрацьовували статистично з використанням пакету «Excel 2010».

Результати досліджень та їх обговорення

Життєздатність пилку. У першому посіві пилку гібридів ДК Експрешн, Абакус, ПТ 264 спостерігали багато недорозвинених та різних за розміром пилкових зерен. При цьому проростання пилкових трубок не спостерігали. У посівах пилкових зерен гібридів Смарагд, Куга відбулося активне їх проростання. Кількість пророслого пилку цих гібридів становила 75 % і 80 % відповідно. Пилкові зерна були однорідними, дозрілими та великих розмірів: недорозвинених пилкових зерен даних гібридів у полі зору не спостерігали.

При другому посіві пилку проростання пилкових зерен спостерігали в усіх досліджених гібридів, але найінтенсивніше цей процес відбувався у посівах гібриду Смарагд. Кількість пророслого пилку гібриду Смарагд становила 87 %, гібриду Куга – 90 %, гібриду ДК Експрешн – 40 %, гібриду Абакус – 45 %, гібриду ПТ 264 – 50 %. У другому посіві також були відмічені різні за розміром неоднорідні пилкові зерна.

Отже, у гібридів ріпаку Смарагд, Куга нами виявлено найбільше життєздатного пилку, про що свідчило їх інтенсивне проростання на живильному середовищі, а, відповідно із цим, можна прогнозувати більший біологічний потенціал та врожайність цих гібридів.

Нектаропродуктивність. Основними характеристиками, від яких залежить нектаропродуктивність, є кількість квіток на рослині та нектарність квітки [8].

Згідно з нашими даними (табл.), гібриди Смарагд і Куга формували найбільшу кількість квіток (413 і 484 у розрахунку на рослину відповідно).

Основними компонентами нектару є глюкоза, фруктоза і цукроза, співвідношення яких варіює не лише в різних видів рослин, але й у сортів. Деякі дослідники констатують, що в нектарі ріпаку практично відсутня цукроза [2].

Результати проведених нами досліджень показали, що середня кількість моноцукрів значно більша в гібридів Абакус і Куга (27,5 і 36 мг/30 квіток відповідно) порівняно із гібридами Смарагд, ДК Експрешн, ПТ 264 (21,75; 21,25; 19,5 мг/30 квіток відповідно) (табл.). Кількість квіток у гібриду Куга позитивно корелює з вмістом моноцукрів. Найбільшою нектаропродуктивністю характеризуються гібриди Куга і Смарагд, що співвідноситься з кількістю життєздатного пилку та дозволяє прогнозувати в майбутньому більшу продуктивність цих гібридів.

Вміст моноцукрів у нектарі квіток та нектаропродуктивність гібридів ріпаку озимого, середнє за 2020 р.

Назва гібриду	Середня кількість квіток на рослині, шт., $M \pm m, n=9$	Кількість моноцукрів, мг/30 квіток, $M \pm m, n=3$	Нектаропродуктивність, кг
Куга	484±187	36±0,21	156,8
Смарагд	413±56	21,75±0,75	81,4
ПТ 264	390±242	19,5±7,57	68,4
Абакус	167±11	27,5±0,5	41,48
ДК Експрешн	130±28	21, 25±4,5	24,57

Висновки

1. Досліджено вміст моноцукрів у нектарі квіток, нектаропродуктивність, а також життєздатність пилку гібридів *Brassica napus* L. Куга, Дк Експрешн, Смарагд та Абакус.
2. Виявлено, що при першому та другому посівах пилку найінтенсивніше проростання пилкових зерен відбувалося у гібридів Смарагд (75 % та 87 % відповідно), Куга (80 % та 90 % відповідно). В інших досліджених гібридів – ДК Експрешн, Абакус, ПТ 264 – спостерігали неоднорідні пилкові зерна різних розмірів, відсоток проростання пилку був меншим.
3. Встановлено, що середня кількість моноцукрів є значно більшою у гібридів Абакус і Куга (27,5 і 36 мг/30 квіток відповідно). Найбільшою нектаропродуктивністю володіють гібриди Куга (156,8 кг) і Смарагд (81,4 кг), що співвідноситься з кількістю життєздатного пилку та дозволяє прогнозувати в майбутньому більшу продуктивність цих гібридів.

1. Бджільництво / за ред. А. І. Черкасової. К. : Урожай, 1989. 304 с.
2. Богоявленський С. Г. Розов С. А., Терещенко А. К. Бджолозапилення як прийом агротехніки соняшника : наукове видання / за ред. С. П. Істоміна ; НДІ бджільництва, Науково-дослідна станція бджільництва. б. м. : Держ. вид-во колгоспної і радгоспної літератури УРСР, 1936. 205 с.
3. Бурмистров А. Н. Нектаровыделение и удобрение. *Пчеловодство*. 1964. № 3. С. 10.
4. Витинский Ю. И. Солнечная активность. Изд. 2, перераб. и допол. Москва : Наука, 1983. 192 с.
5. Докукин Ю. В. Сорты козлятника восточного. *Пчеловодство*. 2008. № 9. С. 22–23.
6. Каталог озимого ріпаку. URL: <https://npz.kiev.ua/> (дата звернення: 10.11.2021).
7. Каталог продукції. Ріпак. URL: <https://www.dekalb.ua>. (дата звернення: 12.10.2021).
8. Козин Р. Б. Нектаропродуктивність бобових кормових культур: Международный форум пчеловодов «Медовый пир – 2010». URL: <http://bortnik66.ru/medonosnaya-baza/klever-krasnij.html>. (дата звернення: 02.10.2021).
9. Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Ріпак. НВФ Українські технології. Львів, 2005. 88 с.
10. Нуждин А. С. Основы пчеловодства. М. : Агропромиздат, 1988. 240 с.
11. Озимий ріпак. Гібриди. URL: <https://www.dsv-ukraine.com.ua/> (дата звернення: 11.11.2021).
12. Окраска цветков и посещаемость их пчел. URL: <http://pchelovod.org.ua/okraska-cvetkov-i-roseshhaemost-ix-pchel> (дата звернення: 17.10.2021).
13. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М. : Агропромиздат, 1988. 271 с.
14. Ріпак. Brevant seeds URL: <https://www.brevant.com.ua/> (дата звернення: 10.11.2021).
15. Ситнік І. Д. Озимий та ярий ріпак. К. : Знання України, 2005. 84 с.
16. Суханова Л. В. Иван-чай узколистый. *Пчеловодство*. 2010. № 8. С. 17–18.
17. Ткаченко И. К., Чернявских В. И., Ионов К. А. Селекция и семеноводство люцерны и других трав : монография. Белгород: Крестьянское дело, 2005. 352 с.
18. Фурдичко О. І. Пріоритетні завдання агроекологічної науки на сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва. *Агроекологічний журнал*. 2009. С. 13–17.
19. Change, M.L., Parry, O.F., Canziani, J.P. Palutikof, P.J. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 p.

20. Monsanto Company. URL: <https://www.spectr-agro.com/products/posivnij-material/ozimij-r%D1%96pak/> (дата звернення: 23.11.2021).
21. NPZ Україна (LEMBKE). URL: <https://agroros.com.ua/lembke/> (дата звернення: 10.10.2021).

References

1. Bdzhilnytstvo / za red. A. I. Cherkasovoi. K. : Urozhai, 1989. 304 s. [in Ukrainian]
2. Bohoiavlenskiy S. H. Rozov S. A., Tereshchenko A. K. Bdzholozapyleniia yak pryiom ahrotekhniki soniashnyka : naukove vydannia / za red. S. P. Istomina ; NDI bdzhilnytstva, Naukovo-doslidna stantsiia bdzhilnytstva. b. m. : Derzh. vyd-vo kolhosnoi i radhosnoi literatury URSR, 1936. 205 s. [in Ukrainian]
3. Burmistrov A. N. Nektarovydelenie i udobrenie. *Pchelovodstvo*. 1964. № 3. S. 10. [in Russian]
4. Vitinskij Ju. I. Solnechnaja aktivnost'. Izd. 2, pererab. i dopol. Moskva : Nauka, 1983. 192 s. [in Russian]
5. Dokukin Ju. V. Sorta kozljatnika vostochnogo. *Pchelovodstvo*. 2008. № 9. S. 22–23. [in Russian]
6. Katalog ozymoho ripaku. URL: <https://npz.kiev.ua/> (дата звернення: 10.11.2021). [in Ukrainian]
7. Katalog produktsii. Ripak. URL: <https://www.dekalb.ua.> (дата звернення: 12.10.2021). [in Ukrainian]
8. Kozin R. B. Nektaroproduktivnost' bobovyh kormovyh kul'tur : Mezhdunarodnyj forum pchelovodov «Medovyj pir – 2010». URL: <http://bortnik66.ru/medonosnaya-baza/kliever-krasnyj.html>. (дата звернення: 02.10.2021). [in Russian]
9. Lykhochvor V. V., Prots R. R. Ripak. NVF Ukrainski tekhnolohii. Lviv, 2005. 88 s. [in Ukrainian]
10. Nuzhdin A. S. Osnovy pchelovodstva. M. : Agropromizdat, 1988. 240 s. [in Russian]
11. Ozymy ripak. Hibrydy. URL: <https://www.dsv-ukraina.com.ua/> [in Ukrainian]
12. Okraska cvetkov i poseshhaemost' ih pchel. URL: <http://pchelovod.org.ua/okraska-cvetkov-i-poseshhaemost-ix-pchel> (дата звернення: 17.10.2021). [in Russian]
13. Pausheva Z. P. Praktikum po citologii rastenij. M. : Agropromizdat, 1988. 271 s. [in Russian]
14. Ripak. Brevant seeds URL: <https://www.brevant.com.ua/> (дата звернення: 10.11.2021). [in Ukrainian]
15. Sytnik I. D. Ozymy ta yary ripak. K. : Znannia Ukrainy, 2005. 84 s. [in Ukrainian]
16. Suhanova L. V. Ivan-chaj uzkolistyj. *Pchelovodstvo*. 2010. № 8. S. 17–18. [in Russian]
17. Tkachenko I. K., Chernjavskih V. I., Ionov K. A. Selekcija i semenovodstvo ljucerny i drugih trav : monografija. Belgorod: Krest'janskoe delo, 2005. 352 s. [in Russian]
18. Furdychko O. I. Priorityetni zavdannia ahroekolohichnoi nauky na suchasnomu etapi rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2009. S. 13–19. [in Ukrainian]
19. Change, M. L., Parry, O. F., Canziani, J. P. Palutikof, P. J. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 p.
20. Monsanto Company. URL: <https://www.spectr-agro.com/products/posivnij-material/ozimij-r%D1%96pak/> (дата звернення: 23.11.2021).
21. NPZ Ukraina (LEMBKE). URL: <https://agroros.com.ua/lembke/> (дата звернення: 10.10.2021).

H. B. Humeniuk, V. O. Khomenchuk, O. B. Matsiuk, R. L. Yavorivskyi, M. M. Sodomora, N. M. Drobyk
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

FERTILITY OF WINTER RAPESEED HYBRIDS (*BRASSICA NAPUS* L.)

The content of monosaccharides in flower nectar, nectar productivity, as well as the viability of pollen of hybrids *Brassica napus* L. Kuga, Dk Expression, Emerald (Smaragd) and Abacus were studied.

It was found that during the first and second pollen crops the most intensive germination of pollen grains occurred in Emerald (Smaragd) (75 % and 87 %, respectively), and Kuha (80 % and 90 %, respectively) hybrids. In crops of other studied hybrids – Dekalb Expression, Abacus, PT 264 - inhomogeneous pollen grains of different sizes were observed, the percentage of pollen germination was lower. It was found that the average number of monosaccharides is much higher in hybrids Abacus and Kuha (27.5 and 36 mg / 30 flowers, respectively). Kuha (156.8 kg) and Emerald (Smaragd) (81.4 kg) hybrids have the highest nectar fertility. Analysis of monosaccharides content in flower nectar, nectar fertility and pollen viability, as well as the correlation of these indicators allows to predict in the future among the studied hybrids higher productivity of hybrids Kuha and Emerald (Smaragd).

Key words: Brassica napus L.; hybrids; fertility; nectar productivity; monosaccharides.

Надійшла 27.08.2021.

Ю. М. ПАЛИВОДА, В. М. ГАВІЙ, О. Б. КУЧМЕНКО

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 2, Ніжин, Чернігівська область, 16600
e-mail: gaviyv@gmail.com

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ ЗА ДІЇ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК

У статті наведено порівняльну характеристику впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на окремі фізіологічні та біохімічні показники пшениці м'якої в умовах водного дефіциту. Встановлено, що використання метаболічно активних речовин в умовах водного дефіциту стимулювало процеси проростання, ризогенезу, лінійного росту надземної частини рослин та приросту сирі маси надземних і підземних органів пшениці м'якої сорту Провінціалка. Високий вміст проліну у проростках пшениці м'якої за дії метаболічно активних сполук є показником стимулювання адаптації рослин в умовах уповільненого надходження води.

Ключові слова: пшениця м'яка, метаболічно активні речовини, ПЕГ 6000, енергія проростання насіння, схожість насіння, лінійний ріст, маса сирі речовини, пролін.

Пшениця – одна з найважливіших сільськогосподарських культур у світі, виробництво якої є важливим для людства. В Україні серед зернових культур *Triticum aestivum* L. належить перше місце. Вона займає понад 6 млн га, що становить понад 22 % від усіх посівних площ зернових культур [2].

За останні 10 років в Україні зростає виробництво пшениці [5]. Але через несприятливі кліматичні умови, в окремі роки, спостерігається зниження урожайності зернових [19]. Вважається, що до 50 % врожаю втрачається тільки під впливом абіотичних стресорів (екстремальні температури, посуха, засолення тощо) [12, 16].

Серед усіх природних чинників, які негативно впливають на фізіологічні процеси росту і розвитку пшениці та призводять до зниження урожайності, є водний дефіцит, спричинений посухою [14].

Шкідлива дія посухи полягає у зневодненні та порушенні метаболічних процесів у рослинах, що призводить до розпаду білків, зміни колоїдно-хімічного стану цитоплазми клітини і, як наслідок, до зниження кількості накопиченої рослинами органічної речовини [18].

Довготривала ґрунтова посуха спричинює значне зростання рівня проліну та вільних амінокислот у пагонах рослин. Накопичення проліну підтримує осмотичний баланс, запобігає дезінтеграції мембран та інактивації ферментів в умовах зневоднення клітин. Пролін також має антиоксидантні властивості [11].

Питання щодо вивчення посухостійкості пшениці м'якої (*T. aestivum*) є актуальними, оскільки орієнтовані на вивчення реакцій рослин на водний дефіцит та впровадження методів підвищення стійкості рослин до посухи.

Учені світу займаються питанням вивчення впливу посухи на рослини та пошуком речовин, що підвищують посухостійкість сільськогосподарських рослин.

Дослідженнями Moumita, Masayuki Fujita та інших [28] з'ясовано, що обробка насіння пшениці *T. aestivum* гібереліновою кислотою стимулює ріст рослин та поліпшує фізіологічні показники в умовах посухового стресу, пом'якшує викликані посухою окиснювальні пошкодження, регулюючи ферментативні та неферментативні механізми, що врівноважують антиоксидантну систему.

Ansari O. та інші [23] з'ясували, що саліцилова кислота покращує схожість та енергію проростання жита *Secale montanum* Guss. в умовах водного дефіциту.

Застосування α -токоферолу підвищує вміст зелених фотосинтетичних пігментів у листках, посилює антиоксидантні механізми кукурудзи *Zea mays* L. в умовах посухи [21].

Таким чином, пошук метаболічно активних сполук, що зменшують негативну дію посухи та стимулюють фізіолого-біохімічні процеси в організмі зернових культур, є актуальною проблемою сьогодення.

Метою пропонованої роботи є дослідження впливу обробки насіння метаболічно активними речовинами на фізіологічні та біохімічні показники проростків пшениці м'якої за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000.

Матеріал і методи досліджень

Для дослідження використовували насіння пшениці м'якої (*T. aestivum*) сорту Провінціалка. Цей сорт селекції Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України є одним із найбільш придатних сортів для вирощування продовольчого зерна високої якості в зоні Лісостепу та Полісся та характеризується високою посухостійкістю (6,6–8 балів) [4]. Дослідження проводили в навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Для моделювання водного дефіциту використовували розчин нейногенного високомолекулярного полімеру поліетиленгліколю 6000 (ПЕГ 6000) концентрацією 12 %. За дослідженнями Сельдимирової О.А., для оцінки на стійкість до посухи рекомендується використовувати зазначену концентрацію ПЕГ 6000 [15].

Вивчення впливу метаболічно активних речовин на проростання насіння за тривалої дії водного дефіциту проводили в чашках Петрі, насіння пшениці замочували на 3 години у розчинах досліджуваних речовин та їх комбінацій. Дослідження передбачало такі варіанти:

- 1) контроль (необроблене насіння + дистильована вода);
- 2) обробка насіння розчином вітаміну Е (10^{-8} М) – Е;
- 3) обробка насіння розчином убіхінону-10 (10^{-8} М) – Q;
- 4) обробка насіння розчином метіоніну (0,001%) – М;
- 5) обробка насіння розчином параоксибензойної кислоти (ПОБК) (0,001%) – П;
- 6) обробка насіння розчином $MgSO_4$ (0,001%) – Mg;
- 7) обробка насіння комбінаціями речовин: вітамін Е (10^{-8} М) + убіхінон-10 (10^{-8} М) - EQ; вітамін Е (10^{-8} М) + метіонін (0,001%) + ПОБК (0,001%) - ЕМП; вітамін Е (10^{-8} М) + метіонін (0,001%) + ПОБК (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%) - ЕММg.

У зазначених концентраціях метаболічно активні сполуки виявили високу ефективність щодо впливу на фізіологічні показники росту і розвитку зернобобових і овочевих культур [8, 10]. Повторність дослідів була чотирьохкратна.

Оброблене насіння заливали 20 мл 12% розчину ПЕГ 6000 і пророщували протягом 7 діб у термостаті при температурі 20°C. На 3 день визначали енергію проростання насіння, а на 7 день – схожість насіння, біометричні показники проростків, коефіцієнт пригнічення росту проростків (коефіцієнт депресії), а також вміст вільного проліну в проростках. Енергію проростання та схожість насіння пшениці м'якої визначали за методикою [3]. До числа нормально пророслого насіння відносили насіння, яке має не менше двох нормально розвинених корінців розміром більше довжини насіння і паросток розміром не менше половини його довжини та проростки з незначними дефектами. Рівень депресії ростових процесів за впливу стресового фактора визначали за формулою: $Z = 100 - (y/x \cdot 100\%)$ [18, 31], де x – середнє значення показника на контролі, y – середнє значення показника на розчині ПЕГ 6000.

Пролін екстрагували та визначали спектрофотометричним методом за методикою [28]. Інтенсивність поглинання червоного кольору вимірювали за 520 нм з L-проліном як стандартом. Вміст проліну виражали в мкмоль/г маси сирової речовини. Статистично опрацьовували матеріал за допомогою методів математичної статистики з використанням

стандартних вбудованих функцій пакета спеціалізованого програмного забезпечення MS Office Excel-2010.

Результати досліджень та їх обговорення

У процесі проростання насіння зародок, використовуючи запасні поживні речовини насінини, перетворюється на проросток, який здатний самостійно живитися. У цей період важлива роль приділяється енергії проростання та силі росту насіння, від яких залежить врожайність польових культур [7]. Під час фази бубнявіння сухе насіння поглинає воду до настання критичної вологості. У насінині посилюються процеси гідролізу, дихання, мобілізація запасних поживних речовини, що надходять до точки росту. Водний дефіцит призводить до пригнічення проростання насіння шляхом уповільнення надходження в нього води, впливаючи на мобілізацію поживних резервів насінини, що проростає. Обробка насіння метаболічно активними речовинами впливає на енергію проростання та схожість [17].

Визначення посівних якостей насіння за умов водного дефіциту вважається простим та чутливим параметром, що дає уяву про стійкість насіння до проростання за стресових умов [22]. Результати визначення схожості насіння *T. aestivum* за пророщування в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ 6000 із попереднім замочуванням у розчинах метаболічно активних сполук наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Схожість насіння *T. aestivum* сорту Провінціалка за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000 за дії метаболічно активних речовин

Варіанти досліджу	Енергія проростання	Схожість насіння
	%	%
Контроль	97,5±2,0	52,5±3,0
ПЕГ 6000	97,5±1,3	47,5±1,8
ПЕГ+Е	96,3±2,2	57,5±2,3
ПЕГ Q	97,5±2,0	52,5±2,7
ПЕГ+М	93,8±2,0	57,5±1,7
ПЕГ+П	95,0±2,1	47,5±2,7
ПЕГ+Mg	96,3±3,0	61,3±2,0*#
ПЕГ+EQ	98,8±1,1	60,0±2,1*#
ПЕГ+ЕМП	96,3±2,0	60,0±2,2*#
ПЕГ+ЕМПMg	97,5±2,0	72,5±2,0*#

Примітка.* Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$);

– достовірно порівняно з групою рослин, насіння яких пророщували в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ ($p < 0,05$)

Згідно отриманих нами результатів, пророщування насіння пшениці м'якої за дії метаболічно активних речовин на розчині осмотично-активної речовини ПЕГ 6000 не призвело до зниження енергії проростання дослідного насіння у порівнянні із контролем (дистильована вода). Визначення схожості насіння пшениці м'якої показало, що обробка розчином Mg та комбінаціями EQ, ЕМП, ЕМПMg зменшили пригнічуючу дію ПЕГ 6000, проявили стимулюючий ефект та підвищили схожість насіння. У результаті проведених досліджень було встановлено, що найвища схожість насіння в умовах водного дефіциту була виявлена за попередньої обробки насіння комбінацією метаболічно активних сполук ЕМПMg і складала 72,5 %, що перевищило показники контролю на 20 % та ПЕГ 6000 на 25 %. Це пов'язано з тим, що вітамін Е та убіхінон-10 беруть участь у біоенергетичних процесах, захисті від пошкоджуючої дії активних форм кисню та продуктів окиснення, які утворюються за умов водного дефіциту і є ефективними імуностимуляторами [21, 27]. $MgSO_4$ є одним із джерел магнію, який необхідний для функціонування понад 300 ферментів [25]. Параоксибензойна кислота завдяки своїм антиоксидантним властивостям слугує своєрідним захисним бар'єром для насіння [24].

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Коренева система відіграє важливу роль у мінеральному живленні рослин, що впливає на продуктивність пшениці.

Фізіологічні показники розвитку кореневої системи проростків насіння пшениці м'якої за пророщування в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ 6000 із попереднім замочуванням у розчинах метаболічно активних сполук наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Фізіологічні показники розвитку кореневої системи проростків насіння *T. aestivum* сорту Провінціалка за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000 за дії метаболічно активних речовин

Варіанти досліду	Кількість коренів		Лінійний ріст коренів		Коефіцієнт депресії довжини коренів, %
	шт.	% до контролю	см	% до контролю	
Контроль	4,7±0,19	100,0	7,5±0,5#	100,0	0
ПЕГ 6000	4,5±0,18	95,1	6,1±0,3*	81,4	19,6
ПЕГ+Е	4,6±0,12	98,1	6,7±0,2*	89,0	11,0
ПЕГ+Q	4,7±0,12	99,4	8,8±0,2*#	116,9	-16,9
ПЕГ+М	5,1±0,10*	108,5	6,9±0,2#	91,6	8,4
ПЕГ+П	4,6±0,13	97,2	7,6±0,3#	100,7	-0,7
ПЕГ+Mg	4,7±0,11	99,8	8,2±0,2*#	108,9	-8,9
ПЕГ+EQ	4,9±0,06	105,1	7,5±0,2#	99,6	0,4
ПЕГ+ЕМП	4,8±0,08	102,1	8,6±0,2*#	114,2	-14,2
ПЕГ+ЕМПMg	4,8±0,09	102,1	8,3±0,2*#	110,2	-10,2

*Примітка.** Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$);

– достовірно порівняно з групою рослин, насіння яких пророщували в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ ($p < 0,05$)

Якщо порівнювати показники ризогенезу та лінійного росту коренів проростків пшениці, насіння якої було попередньо оброблене метаболічно активними речовинами з показниками насіння, що знаходилося в змодельованих умовах посухи (ПЕГ 6000), то з'ясовано, що метаболічно активні речовини володіють рістрегулюючими і антистресовими властивостями, сприяють росту кореневої системи в умовах посухи (табл. 2). Обробка насіння розчином метіоніну найефективніше стимулювала утворення коренів на проростках пшениці в умовах водного дефіциту, кількість яких склала в середньому 5,1 шт. на одній рослині. Найбільш ефективно стимулює лінійний ріст коренів в умовах водного дефіциту розчин убіхінону-10, перевищуючи показник контролю на 16,9 %, нівелюючи інгібуючий вплив ПЕГ 6000, на що і вказує коефіцієнт депресії довжини коренів. Це може бути обумовлене тим, що убіхінон-10 має антиоксидантну дію й захищає мембрани клітин від руйнівного впливу активних форм кисню, що накопичуються в умовах водного дефіциту [26].

Висока ефективність щодо стимулювання лінійного росту коренів проростків пшениці в умовах посухи була відмічена також при використанні таких комбінацій метаболічно активних речовин: ЕМП і ЕМПMg, а також розчинів убіхінону-10 та солі $MgSO_4$. Вони не тільки зменшили інгібуючу дію ПЕГ 6000, але й стимулювали лінійний ріст коренів, на що вказують від'ємні показники коефіцієнта депресії довжини кореня. Ефективність використаних комбінацій метаболічно активних сполук можна пояснити тим, що вітамін Е є антиоксидантом, впливає на мембранопроникність та збільшує поглинання поживних речовин, що є важливим в умовах посухи [21]. ПОБК регулює активність комплексу антиоксидантних ферментів та виконує в клітині функцію сигнальних молекул при формуванні захисних реакцій. Метіонін стимулює розвиток кореневої системи та оптимізує водний обмін [1]. $MgSO_4$ – це джерело іонів Mg^{2+} , що підтримують осмотичний потенціал клітин. Він позитивно впливає на засвоєння фосфору та його переміщення рослиною, процеси дихання, перетворення мінерального азоту

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

на білкові сполуки. Також він активує більшість ферментів та бере участь у формуванні пектинових речовин стінок клітин [20]. Показники лінійного росту коренів проростків пшениці за обробки насіння комбінацією EQ, розчинами ПОБК та метіоніну не перевищують значення контролю, але нівелюють негативний вплив на ріст кореневої системи ПЕГ 6000.

Пагін – це головний орган рослини, завдяки якому вона може рости та розвиватися. Він відіграє важливу роль у транспорті речовин.

Фізіологічні показники розвитку пагону проростків насіння пшениці м'якої за пророщування в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ 6000 із попереднім замочуванням у розчинах метаболічно активних сполук наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Фізіологічні показники розвитку пагону проростків насіння *T. aestivum* сорту Провінціалка за умов водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000 за дії метаболічно активних речовин

Варіанти досліджу	Довжина пагону		Коефіцієнт депресії довжини пагону, %
	см	% до контролю	
Контроль	7,7±0,7	100,0	0
ПЕГ 6000	5,0±0,5*	64,4	35,6
ПЕГ+E	8,1±0,5*#	105,2	-5,2
ПЕГ+Q	9,4±0,5*#	122,1	-22,1
ПЕГ+M	8,7±0,4*#	113,0	-13,0
ПЕГ+П	7,3±0,6#	94,8	5,2
ПЕГ+Mg	8,0±0,4*#	103,9	-3,9
ПЕГ+EQ	9,4±0,4*#	122,1	-22,1
ПЕГ+ЕМП	9,0±0,4*#	116,9	-16,9
ПЕГ+ЕМПМg	9,3±0,4*#	120,8	-20,8

*Примітка.** Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$);

– достовірно порівняно з групою рослин, насіння яких пророщували в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ ($p < 0,05$)

Досліджувані метаболічно активні речовини показали позитивний вплив на показники лінійного росту пагону проростків пшениці, насіння якої знаходилося в змодельованих умовах посухи (ПЕГ 6000). Високу ефективність застосування зазначених сполук в умовах водного дефіциту підтверджують показники коефіцієнта депресії довжини пагона. Найвищу стимулюючу дію щодо розвитку пагону *T. aestivum* за умов водного дефіциту мають розчин убіхінону-10 та комбінація EQ, перевищуючи показник контролю на 22,1 % та нівелюючи інгібуючий вплив ПЕГ 6000. Відомо, що убіхінон-10 та вітамін Е мають антиоксидантну дію [7, 31], покращують засвоєння поживних речовин та поліпшують водний баланс в умовах водного дефіциту.

Показники лінійного росту пагону проростків пшениці за обробки насіння розчином ПОБК не перевищують значення контролю, але ПОБК здатна виявляти захисну дію в умовах водного дефіциту [24].

За умов посухи значно пригнічується приріст маси проростків [6]. Метаболічно активні речовини посилюють процеси накопичення маси як коренів, так і пагону в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ 6000 (табл. 4).

Накопичення біомаси проростками *T. aestivum* сорту Провінціалка в умовах водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000 за дії метаболічно активних речовин

Варіанти досліду	Маса сирої речовини коренів		Маса сирої речовини пагону	
	г	% до контролю	г	% до контролю
Контроль	0,035±0,005	100,0	0,055±0,005	100,0
ПЕГ 6000	0,023±0,005	65,7	0,041±0,004	74,5
ПЕГ+Е	0,037±0,003	105,7	0,052±0,003	94,5
ПЕГ+Q	0,041±0,002*#	117,1	0,078±0,010*#	141,8
ПЕГ+М	0,034±0,002	97,1	0,058±0,002	105,5
ПЕГ+П	0,036±0,003	102,9	0,052±0,003	94,5
ПЕГ+Mg	0,042±0,002*#	120,0	0,063±0,002*#	114,5
ПЕГ+EQ	0,046±0,003*#	131,4	0,065±0,002*#	118,2
ПЕГ+ЕМП	0,030±0,003	85,7	0,062±0,004	112,7
ПЕГ+ЕМПMg	0,029±0,002	82,9	0,057±0,002	103,6

Примітка.* Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$);

– достовірно порівняно з групою рослин, насіння яких пророщували в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ ($p < 0,05$)

Загалом маса сирої речовини коренів і пагону була меншою у варіантах, що пророщувалися на розчині ПЕГ 6000. Попереднє замочування насіння в розчинах метаболічно активних речовин усуває інгібуючий вплив змодельованого водного дефіциту. У порівнянні з контролем найвищі показники приросту маси сирої речовини коренів мало насіння, оброблене розчинами убіхінону-10, $MgSO_4$ та комбінацією EQ. Так, за обробки насіння пшениці *T. aestivum* розчином убіхінону-10 в умовах водного дефіциту маса сирої речовини коренів зросла на 17,1 % у порівнянні з контролем, за обробки $MgSO_4$ – на 20 %, а обробка комбінацією EQ стимулювала зростання маси сирої речовини на 31,4 % порівняно з показниками контролю.

Найбільш ефективно стимулює приріст маси сирої речовини пагону в умовах водного дефіциту убіхінон-10, що перевищує показники контролю на 41,8 %. Висока ефективність також була відмічена при використанні $MgSO_4$ та комбінації EQ.

Серед біохімічних показників посухостійкості рослин важливе діагностичне значення має вміст проліну. Пролін – це гетероциклічна амінокислота, вміст якої збільшується у багато разів за дії стресових чинників [9]. Накопичення проліну допомагає рослинам адаптуватись до несприятливих умов, захищаючи від інактивзації білків, ДНК та ферментів. Акумуляція проліну за дії стресових чинників є індикатором відповіді на стрес на клітинному рівні [30].

З'ясовано, що попередня обробка рослин саліциловою кислотою підвищує антиоксидантну активність і вміст проліну за умов водного дефіциту [29]. Тому актуальним було дослідження впливу метаболічно активних речовин на вміст вільного проліну у проростках пшениці м'якої за умов водного дефіциту.

У табл. 5 відображений вплив метаболічно активних сполук на вміст вільного проліну в проростках насіння пшениці м'якої, пророщених в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ 6000.

Рівень вільного проліну в рослинах у варіанті ПЕГ 6000 був прийнятий за 100 %.

Вміст вільного проліну у проростках *T. aestivum* сорту Провінціалка в умовах водного дефіциту, змодельованого за допомогою ПЕГ 6000 за дії метаболічно активних речовин

Варіанти дослідю	Вміст вільного проліну	
	мкмоль/г сирової маси	% до показників за дії ПЕГ 6000
Контроль	0,033±0,002	
ПЕГ 6000	0,045±0,004	100,0
ПЕГ+Е	0,051±0,003*#	113,3
ПЕГ+Q	0,057±0,002*#	126,7
ПЕГ+М	0,04±0,002	88,9
ПЕГ+П	0,04±0,002	88,9
ПЕГ+Mg	0,062±0,001*#	137,8
ПЕГ+EQ	0,08±0,001*#	177,8
ПЕГ+ЕМП	0,037±0,001	82,2
ПЕГ+ЕМПМg	0,077±0,002*#	171,1

Примітка.* Різниця достовірна порівняно з контролем ($p < 0,05$);

– достовірно порівняно з групою рослин, насіння яких пророщували в умовах уповільненого надходження води на розчині ПЕГ ($p < 0,05$)

Дослідження впливу метаболічно активних речовин на вміст вільного проліну в проростках *T. aestivum* показали, що обробка насіння пшениці м'якої комбінаціями EQ та ЕМПМg найефективніше стимулювали накопичення вільного проліну в проростках пшениці в умовах водного дефіциту, перевищуючи показники насіння, що знаходилося в змодельованих умовах посухи на 77,8 % та 71,1 % відповідно. Висока ефективність щодо накопичення вільного проліну в проростках пшениці в умовах посухи була відмічена також при використанні таких метаболічно активних речовин: вітамін Е, убіхінон-10, та солі $MgSO_4$. Таку дію можна пояснити тим, що речовини, які входять до складу комбінацій, залучені до біоенергетичних процесів, до захисту від пошкоджуючої дії активних форм кисню та продуктів окислення, виступають в якості ефективних імуностимуляторів тощо [20, 21, 27]. Накопичення проліну як осмотично-активної органічної речовини сприяє утриманню води в клітинах, приймає участь у стабілізації клітинних мембран, є джерелом енергії і запасного азоту [13].

Висновки

1. Встановлено, що використання метаболічно активних речовин в умовах посухи сприяло кращому проростанню насіння пшениці м'якої сорту Провінціалка та лінійного росту підземної та надземної частин рослин. Попередня обробка комбінацією речовин ЕМПМg є найефективнішою комбінацією для стимуляції проростання насіння в умовах посухи.
2. Обробка насіння розчинами убіхінону-10 та сіллю $MgSO_4$, комбінаціями: ЕМП, ЕМПМg, сприяє збільшенню довжини коренів, а розчину убіхінону-10 та комбінаціями EQ, ЕМП, ЕМПМg – збільшенню довжини пагону в умовах водного дефіциту.
3. Досліджувані комбінації метаболічно активних речовин стимулювали приріст сирової маси надземних і підземних органів рослин. Найвищі показники були виявлені при обробці насіння розчинами убіхінону-10 і сіллю $MgSO_4$, та комбінацією EQ.
4. Захисна дія метаболічно активних речовин в умовах посухи полягає в індукції нагромадження вмісту вільного проліну у пагонах насіння пшениці м'якої сорту Провінціалка. Це підтверджує перспективність застосування метаболічно активних речовин для адаптації рослин в умовах уповільненого надходження води. Найефективнішими є комбінації EQ та ЕМПМg.
5. Обробка насіння розчинами убіхінону-10, $MgSO_4$, комбінаціями EQ, ЕМП, ЕМПМg сприяє підвищенню посухостійкості пшениці м'якої. Передпосівна обробка насіння зазначеними метаболічно активними сполуками може бути використана як елементи технології при вирощуванні зернових культур в умовах водного дефіциту. Тому подальше вивчення

впливу вище зазначених речовин на зернові культури в умовах дефіциту вологи є перспективним напрямком досліджень.

1. Августинович М., Чумак А. Амінокислоти: міф чи реальність. *Пропозиція: Головний журнал з питань агробізнесу*. 2018. № 12. URL: <https://propozitsiya.com/ua/aminokysloty-mif-chy-realist>.
2. В Україні збільшено посівні площі озимих під урожай 2021. Kurkul.com. 2021. URL: <https://kurkul.com/news/24758-v-ukrayini-zbilsheno-posivni-ploschi-ozimih-pid-urojay-2021>.
3. ГОСТ 12038:1984. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12038-84>.
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. [Чинний від 2021-11-16]. Вид. офіц. Київ, 2021. 526 с.
5. Динаміка збору пшениці в Україні за останні 10 років – графіка. AgroPolit. URL: <https://agropolit.com/news/19377-dinamika-zboru-pshenitsi-v-ukrayini-za-ostanni-10-rokiv--grafika>.
6. Дідик Н. П., Росіцька Н. В., Беребеничук Л. Д. Вплив рутину, аскорбінової та саліцилової кислот на функціональний стан рослин пшениці в умовах посухи. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43, № 5. С. 453–458.
7. Каленська С. М. Насіннезнавство та методи вивчення якості насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 320 с.
8. Козючко А. Г., Гавій В. М., Кучменко О. Б. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на окремі фізіологічні показники сої сорту Аннушка та її продуктивність. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. Тернопіль, 2020. Вип. № 1–2 (79). С. 84–90. DOI: <http://doi.org/10.25128/2078-2357.20.1-2.12>.
9. Колупав Ю. Є. Основи фізіології стійкості рослин: курс лекцій. Харків, 2010. 121 с.
10. Лісовицький В. В., Кучменко О. Б. Вплив метаболічно-активних речовин на окремі фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку огірків сорту Ніжинський. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2020. Том 3. С. 35–42. DOI: <http://doi.org/10.18523/2617-4529.2020.3.35-42>.
11. Маленька У., Кобилецька М., Терек О. Вплив саліцилової кислоти на вміст вільних амінокислот і проліну в рослин пшениці та кукурудзи за умов посухи. *Біологічні Студії*. 2014. Том 8. № 2. С. 123–132.
12. Моргун В. В., Дубровна О. В., Моргун Б. В. Сучасні біотехнології отримання стійких до стресів рослин пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т. 48, № 3. С. 196–214.
13. Нестеренко О. Г., Рашидов Н. М. Визначення кореляції між вмістом проліну та води в коренях *Pisum sativum* L. під впливом абіотичних стресових факторів. *Біологічні системи*. 2017. Т. 9, Вип. 2. С. 192–196.
14. Пикало С. В., Демидов О. А., Юрченко Т. В., Прокопів Н. І., Харченко М. В. Порівняльна оцінка методів визначення посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої. *Science Rise: Biological Science*. 2019. № 4, № 19. С. 17–21. DOI: 10.15587/2519-8025.2019.186813.
15. Сельдимирова О. А. Тестирование селективных агентов для оценки яровой мягкой пшеницы на устойчивость к засухе. *Экобиотех*. 2019. Том 2, № 1. С. 51–62. DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-1-51-62>.
16. Твердохліб О. В., Богуславський Р. Л. Видове різноманіття пшениці, напрямки і перспективи його використання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2012. Вип. 80, ч. 1. С. 37–47.
17. Тимошук Т. М. Вплив сумісного застосування біологічних і хімічних засобів захисту рослин на проростання насіння і розвиток озимої пшениці. *Вісник ДАУ*. 2003. № 1. С. 266–270.
18. Хоменко С. О. Посухостійкість та елементи продуктивності колекційних зразків пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2017. Вип. 4. С. 79–87.
19. Як змінювалась урожайність основних культур в Україні протягом 2017–2020 років. *Слово і діло*. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2020/11/04/infografika/ekonomika/yak-zminyuvalas-urozhajnist-osnovnyx-kultur-ukrayini-protayahom-2017-2020-rokiv>.
20. Abid M., Haddad M., Ferchichi A. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. *Options Méditerranéennes: Série A*. 2008. Vol.79. P. 405–408.
21. Ali, Q., Tariq Javed M., Haider, M., Habib, N., Rizwan, M., Perveen, R., Ali, S., Nasser Alyemeni M., El-Serehy, H., Al-Misned, F. α -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in Maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, No. 9, P. 1235. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091235>.

22. Almansouri M., Kinet Jm., Lutts S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 2001. Vol. 231, No. 2. P. 243–254. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010378409663>.
23. Ansari O., Azadi M., Sharif-Zadeh F., Younesi E. Effect of Hormone Priming on Germination Characteristics and Enzyme Activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) Seeds under Drought Stress Conditions. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2013. Vol. 9, No. 3. P. 61–71.
24. Barkosky R.R., Einhellig F.A. Allelopathic interference of plant water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 2003. Vol. 44. P.53–58.
25. Guo W., Chen S., Hussain N., Cong Y., Liang Z., Chen K. Magnesium stress signaling in plant: just a beginning. *Plant Signal Behav.* 2015. Vol. 10, No. 3. Article: e992287. DOI: <https://doi.org/10.4161/15592324.2014.992287>.
26. Hasanuzzaman M., Bhuyan M., Zulfiqar F., Raza A., Mohsin S., Mahmud J., Fujita M., Fotopoulos V. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9, P. 681. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>.
27. Liu M, Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 1898. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01898>.
28. Moumita, Mahmud J., Biswas P., Nahar K., Fujita M., Hasanuzzaman M. Exogenous application of gibberellic acid mitigates drought-induced damage in spring wheat. *Acta Agrobotanica* 2019. Vol. 72, No 2. P. 1776. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.1776>.
29. Pradeep Kumar P., Hemantaranjan A., Sarma B. Growth and antioxidant system under drought stress in Chick pea (*Cicer arietinum* L.) as sustained by salicylic acid. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 2011. Vol. 7, No. 4. P. 131–144.
30. Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*. 2010. Vol. 15, No. 2. P. 89–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>.
31. Vus N., Vasylenko A., Lutenko V., Kobyzeva L., Besuhla O., Shevchenko L., Ponurenko S., Feng Baili, Saliy D. Concentration effect of polyethylene glycol in evaluation of grain legumes for drought tolerance. *Žemės Ūkio Mokslai*. 2020. Vol. 27, No.2. P. 149–159. DOI: <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v27i2.4337>

References

1. Avgustynovych M., Chumak A. Amino acids: myth or reality. Propozytisia [Electronic resource]. *Holovnyi zhurnal z pytan ahrobiznesu*. 2018. No. 12. URL: <https://propozitsiya.com/ua/aminokysloty-mif-chy-realist>. [in Ukrainian]
2. In Ukraine, the sown area of winter crops for the 2021 harvest has been increased. [Electronic resource]. Kurkul.com. 2021. URL: <https://kurkul.com/news/24758-v-ukrayini-zbilsheno-posivni-ploschi-ozimih-pidurojay-2021>. [in Ukrainian]
3. HOST 12038:1984. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12038-84>. [in Russian]
4. State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2021. [Electronic resource]. [Effective from 2021-11-16]. View. ofits. Kyiv, 2021. 526 p. [in Ukrainian]
5. Dynamics of wheat harvest in Ukraine for the last 10 years – schedule. [Electronic resource]. AgroPolit. URL: <https://agropolit.com/news/19377-dynamika-zboru-pshenitsi-v-ukrayini-za-ostanni-10-rokiv--grafika>. [in Ukrainian]
6. Didyk N.P., Rositska N.V., Berebenichuk L.D. The effect of rutin, ascorbic and salicylic acids on the functional state of wheat plants under drought conditions. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*. 2011. Vol. 43, No. 5. P. 453–458. [in Ukrainian]
7. Kalenska S.M. Seed science and methods of studying the quality of seeds of agricultural crops: a textbook. Vinnytsia: FOP Danyliuk. 2011. 320 p. [in Ukrainian]
8. Koziuchko A.G., Havii V.M., Kuchmenko O.B. Influence of pre-sowing treatment of seeds with metabolically active substances on the individual physiological parameters of soybean varieties Annushka. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biolohiia*. Ternopil: TNPU im. V. Hnatiuka, 2020. No. 1–2 (79). P. 84–90. DOI: <http://doi.org/10.25128/2078-2357.20.1-2.12>. [in Ukrainian]
9. Kolupaev Y.E. Fundamentals of plant physiology: a course of lectures. Kharkiv, 2010. 121 p. [in Ukrainian]
10. Lisovytskyi V.V., Kuchmenko O.B. Influence of metabolically active substances on individual physiological and biochemical indices of growth and development of Nizhynsky cucumbers. *Scientific Notes* 52 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2021, Т. 81, № 3

- of NaUKMA. *Biology and ecology*. 2020. Vol. 3.P. 35–42. DOI: <http://doi.org/10.18523/2617-4529.2020.3.35-42>. [in Ukrainian]
11. Malenka U., Kobyletska M., Terek O. Influence of salicylic acid on the content of free amino acids and proline in wheat and corn plants under drought conditions. *Biolozhichni Studii*. 2014. Vol 8, No 2. P. 123–132. [in Ukrainian]
 12. Morhun V.V., Dubrovna O.V., Morhun B.V. Modern biotechnologies for obtaining stress-resistant wheat plants. *Fyzyolohyia rastenyi y henetyka*. 2016. Vol. 48, No. 3. P. 196–214. [in Ukrainian]
 13. Nesterenko O. G., Rasydov N. M. Determination of the correlation between proline and water content of the *Pisum sativum* L. roots under abiotic stress factors influence. *Biological systems*. 2017. Vol. 9, No. 2. P. 192–196. [in Ukrainian]
 14. Pykalo S., Demydov O., Yurchenko T., Prokopik N., Kharchenko, M. Comparative assessment of methods for evaluation of drought tolerance in winter bread wheat varieties. *ScienceRise: Biological Science*. 2019. Vol. 4. No. 19. P. 17–21. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2019.186813>. [in Ukrainian]
 15. Seldimirova O.A. Testing of selective agents for evaluation of spring soft wheat for drought resistance. *Ekobiotekh*. 2019. Vol. 2, No. 1. P. 51–62. DOI: <http://doi.org/10.31163/2618-964X-2019-2-1-51-62>. [in Russian]
 16. Tverdokhlib O.V., Bohuslavskyy R.L. Species diversity of wheat, directions and prospects of its use. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*. Uman. 2012. Vol. 80, No. 1. P. 37–47. [in Ukrainian]
 17. Tymoshchuk T.M., Derecha O.A., Solodka L.O. Influence of joint application of biological and chemical plant protection products on seed germination and development of winter wheat. *Visnyk DAU*. 2003. No. 1. P. 266–270. [in Ukrainian]
 18. Khomenko S.O. Drought tolerance and yield components of bread spring wheat collection samples in environments of forest-steppe of Ukraine. *Myronivskiy Visnyk*. 2017. Vol. 4. P.79–87. [in Ukrainian]
 19. How did the yield of major crops in Ukraine change during 2017–2020. [Electronic resource]. Slovo i Dilo. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2020/11/04/infografika/ekonomika/yak-zminyuvalas-urozhajnist-osnovnyx-kultur-ukrayini-protyahom-2017-2020-rokiv>. [in Ukrainian]
 20. Abid M., Haddad M., Ferchichi A. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. *Options Méditerranéennes: Série A*. 2008. Vol.79. P. 405–408.
 21. Ali, Q., Tariq Javed M., Haider, M., Habib, N., Rizwan, M., Perveen, R., Ali, S., Nasser Alyemeni M., El-Serehy, H., Al-Misned, F. α -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in Maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, No. 9, P. 1235. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091235>.
 22. Almansouri M., Kinet Jm., Lutts S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 2001. Vol. 231, No. 2. P. 243–254. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010378409663>.
 23. Ansari O., Azadi M., Sharif-Zadeh F., Younesi E. Effect of Hormone Priming on Germination Characteristics and Enzyme Activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) Seeds under Drought Stress Conditions. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2013. Vol. 9, No. 3. P. 61–71.
 24. Barkosky R.R., Einhellig F.A. Allelopathic interference of plant water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 2003. Vol. 44. P.53–58.
 25. Guo W., Chen S., Hussain N., Cong Y., Liang Z., Chen K. Magnesium stress signaling in plant: just a beginning. *Plant Signal Behav.* 2015. Vol. 10, No. 3. Article: e992287. DOI: <https://doi.org/10.4161/15592324.2014.992287>.
 26. Hasanuzzaman M., Bhuyan M., Zulfiqar F., Raza A., Mohsin S., Mahmud J., Fujita M., Fotopoulos V. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9, P. 681. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>.
 27. Liu M, Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 1898. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01898>.
 28. Moumita, Mahmud J., Biswas P., Nahar K., Fujita M., Hasanuzzaman M. Exogenous application of gibberellic acid mitigates drought-induced damage in spring wheat. *Acta Agrobotanica 2019*. Vol. 72, No 2. P. 1776. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.1776>.
 29. Pradeep Kumar P., Hemantaranjan A., Sarma B. Growth and antioxidant system under drought stress in Chick pea (*Cicer arietinum* L.) as sustained by salicylic acid. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 2011. Vol. 7, No. 4. P. 131–144.
 30. Szabados L., Savoure A. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*. 2010. Vol. 15, No. 2. P. 89–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>.

31. Vus N., Vasylenko A., Lutenko V., Kobyzeva L., Besuhla O., Shevchenko L., Ponurenko S., Feng Baili, Saliy D. Concentration effect of polyethylene glycol in evaluation of grain legumes for drought tolerance. *Žemės Ūkio Mokslai*. 2020. Vol. 27, No.2. P. 149–159. DOI: <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v27i2.4337>

Y. M. Palivoda, V. M. Gaviy, O. B. Kuchmenko

Nizhyn Mykola Gogol State University, Ukraine

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF SOFT WHEAT SEEDLINGS (*TRITICUM AESTIVUM* L.) IN EXPERIMENTAL WATER DEFICIENCY UNDER THE ACTION OF METABOLICALLY ACTIVE SUBSTANCES

The article presents a comparative description of the effect of metabolically active substances and their compositions on individual physiological and biochemical parameters of soft wheat in drought conditions. The study involved the use of 7 options for seed treatment: control (untreated seeds + distilled water); vitamin E solution (10^{-8} M) - E; ubiquinone-10 solution (10^{-8} M) - Q; methionine solution (0.001%) - M; paraoxybenzoic acid solution (POBA) (0.001%) - P; $MgSO_4$ solution (0.001%) - Mg; compositions of substances: vitamin E (10^{-8} M) + ubiquinone-10 (10^{-8} M) - EQ; vitamin E (10^{-8} M) + methionine (0.001%) + POBA (0.001%) - EMP; vitamin E (10^{-8} M) + methionine (0.001%) + POBA (0.001%) + $MgSO_4$ (0.001%) - EMPMg. The experimental water deficiency was simulated by a 12% solution of PEG 6000.

It was found that the germination of soft wheat seeds under the action of metabolically active substances in a solution of osmotically active substance PEG 6000 did not lead to a decrease in the germination energy of the experimental seeds compared to the control. Determination of germination of soft wheat seeds showed that treatment with Mg solution and compositions of EQ, EMP, EMPMg reduced the inhibitory effect of PEG 6000, showed a stimulating effect and increased seed germination. The highest seed germination in water-deficient conditions was found by treatment with EMPMg composition.

Studies of the effect of metabolically active substances on the processes of rhizogenesis of soft wheat seedlings have shown that seeds' treatment with the solution of methionine most effectively stimulated the formation of roots on wheat seedlings in conditions of water deficiency. Ubiquinone-10 solution stimulated linear root growth in conditions of water deficiency most effectively, exceeding the control by 16,9%, neutralizing the inhibitory effect of PEG 6000. High efficiency in stimulating linear root growth of wheat seedlings in drought conditions was observed after using the compositions EMP and EMPMg, and solutions of ubiquinone-10 and $MgSO_4$. Ubiquinone-10 solution and composition EQ showed the best stimulating effect on the development of a shoot of soft wheat under water deficiency. Seeds treated with solutions of ubiquinone-10, $MgSO_4$ and EQ had the highest rates of weight gain of roots. The seeds treated with ubiquinone-10 solution stimulated weight gain of the shoot more effectively under water deficiency (exceeded the control by 41.8%).

Treatment of soft wheat seeds with compositions EQ and EMPMg stimulated the accumulation of free proline in wheat seedlings most effectively under water deficiency. Proline is an indicator of plant adaptation in conditions of slow water supply and increased drought resistance of soft wheat.

Thus, seeds pre-sowing treatment with the studied metabolically active compounds and their compositions could be used as elements of technology in the cereals cultivation under water deficiency.

Keywords: soft wheat, metabolically active substances, PEG 6000, seed germination energy, seed germination, linear growth, crude mass, proline.

Надійшла 27.07.2021.

ОГЛЯДИ

УДК 502.51:574.5/6

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.8

¹І. Л. СУХОДОЛЬСЬКА, ²В. В. ГРУБІНКО

¹Рівненський державний гуманітарний університет
вул. Ст. Бандери, 12, Рівне, 33028

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: iryna.sukhodolska@rshu.edu.ua, v.grubinko@gmail.com

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

У статті представлено узагальнення підходів щодо оцінювання стійкості та вразливості екосистем. Показано, що важливими компонентами, які характеризують порушення стійкості водних екосистем, є зміна абіотичних та біотичних показників. Стійкість визначають за індексами, які характеризують показники сольового, трофо-сапробіологічного складу та токсичної дії, техногенних впливів, екологічної ємності, техноємності, екологічного резерву, ефективністю механізму пластичного метаболізму хімічних сполук, асиміляційним потенціалом, асиміляційною ємністю, трофічним статусом, коефіцієнтом самовідновлення вод, порівнянням показників із нормативними значеннями, комплексними біоценотичними критеріями, а також рівнями компенсаційного механізму біотичної саморегуляції вод. За умови врахування діапазону природної мінливості гідробіонтів їх вважають надчутливими індикаторами, що відображають стан рівноваги та порушення у екосистемах. Реакція біоти проявляється змінами видового багатства, чисельності, біомаси, чистої первинної продукції, сукцесійних стадій (серії) угруповань, морфогенезу, онтогенезу, віталітету, структури, співвідношення між типами стратегії (S/R), міжвидових відносин тощо. Використання інтегральних підходів, які включають низку обґрунтованих показників, надає можливість розрахувати рівні навантаження на екосистеми, побачити чи змоделювати відгук біоти на цей вплив та визначити відносну стійкість водного об'єкту.

Ключові слова: екологічна ємність, стійкість екосистеми, сукцесія, біотична саморегуляція.

Зміни стану водних екосистем відбуваються за дії природних та штучних (біотичних, абіотичних та антропогенних) впливів. Компенсаційні механізми захисту екосистеми дозволяють підтримувати її основні параметри через механізми адаптації. Однак раптові, тривалі зміни умов середовища сповільнюють пристосування екосистеми, зумовлюючи значну перебудову її внутрішньої структури, втрату природних функцій, виникнення незворотних деградаційних процесів та її повне зникнення. Методи визначення адаптаційних можливостей екосистеми, критерії та показники її стійкості дозволяють розрахувати ризики й втрати та розробити відповідні рекомендації, але не існує єдиного універсального підходу, який зміг би охопити всі зміни одночасно.

Складність проведення таких розрахунків полягає насамперед у неоднозначності трактування поняття стійкості для екосистем різних рівнів ієрархії та визначення точного діапазону можливого навантаження на окремі компоненти та елементи, що не призводить до

суттєвих чи катастрофічних змін. Найчастіше стійкість визначають як фундаментальну властивість екосистеми, яка забезпечує збереження її структури та функцій за впливу негативних зовнішніх чинників [2, 15]. Проте стійкість розглядають не лише як незмінність певного стану екосистеми упродовж заданого часового інтервалу, а й як перехід до будь-яких інших станів у даний момент (статична стійкість) та постійний розвиток екосистеми (динамічна стійкість) [2]. Різні підходи до розуміння поняття стійкості екосистеми та її видів зумовили виокремлення ознак, критеріїв та проявів змін, за якими здійснюється оцінювання.

Стійкість екосистеми відображається у формах інертності, відновлюваності, пластичності та зміни інваріантної структури [12]. Інертність та пластичність екосистеми розглядають як адаптаційну стійкість, а відновлювальність – як регенераційну. Адаптаційну стійкість пропонують розраховувати для лентичних екосистем (озера, болота, ставки та водосховища), а регенераційну – для лотичних (річки, канали) [40].

Біотопи чи угруповання аналізують за резистентністю та пластичністю. Резистентність (пружність, інертність) свідчить про здатність екосистеми під впливом дії фактору упродовж часу не виходити за певні межі (стійкості). Пластичність (мобільність) визначає здатність екосистеми після припинення дії фактору упродовж часу повертатися до вихідного стійкого положення [15, 57].

Реакція водної екосистеми на дію стресових умов проявляється адаптивним розвитком (критична ситуація), частковою втратою стійкості (власна криза), незворотними змінами чи руйнуванням (катастрофа) [2, 3].

Порушення стійкості екосистеми визначають за моделлю P-R-S (Pressure–State–Response). Індeksi тиску або дії, стану та реагування одночасно оцінюють дію антропогенного навантаження, ситуацію в екосистемі та зміни, що виникають внаслідок негативного впливу [55]. Ці індeksi розраховують за показниками техногенних впливів, екологічної ємності, техноємності, а також рівнями компенсаційного механізму біотичної саморегуляції вод та ефективності механізму пластичного метаболізму хімічних сполук, що призводять порушення екологічної рівноваги за рахунок втрати природоємності [31].

Автори [31] зазначають, що саме за допомогою еколого-технічних показників та їх параметрів можна визначити інтенсивність внутрішньо-водоємних процесів і потенційно можливих екологічних ризиків їх розвитку. У роботі [31] наведено послідовний ряд особливостей розвитку та функціонування техноприродних екосистем: зміна речовинно-енергетичного балансу → зниження рівня ефективності процесів пластичного метаболізму хімічних сполук → формування балансу техноємності → трансформація природного компенсаційного механізму біотичної саморегуляції вод → зміна стабільності розвитку гідроекосистем за рахунок порушення екологічної рівноваги → часткова втрата природоємності екосистем.

Зміни екосистеми внаслідок впливу природних та антропогенних чинників окреслює екологічний резерв, який показує різницю між гранично допустимим відхиленням та її фактичним станом. Діапазон між цими показниками визначає буферну зону, у межах якої можуть відбуватися зміни, які не руйнують екосистему [2]. Екологічний резерв екосистем розрахувати складно, оскільки немає чітких його критеріїв, а реакція на зовнішні впливи, що виводять систему з рівноваги, може бути не миттєвою, а поступовою. Крім того, у однієї й тієї ж екосистеми одні стани можуть бути стійкими, а інші – нестійкими. Один і той же стан екосистеми може бути стійким щодо однієї змінної і нестійким відносно іншої [2].

Писанко Я. І. зазначає, що значення індексу екологічного резерву характеризує стійкість гідроекосистеми та можливий рівень відновлення функціонування техногенно зміненої водної екосистеми. Даний показник розраховують як різницю індексів екологічної ємності та техноємності екосистеми. Оскільки екологічна ємність визначає спроможність екосистеми здійснювати трансформацію, міграцію й накопичення речовин, залучених у кругообіг, то враховують критерій біомаси (який характеризує живучість гідробіоценозів за умов зміни середовища їх існування), індекс самоочищення, кількість та концентрацію забруднюючих речовин, сумарний коефіцієнт самоочищення вод від забруднюючої речовини та коефіцієнт змішування річкових та стічних вод (0,8) [39].

Порушення структурно-функціональних властивостей гідроекосистеми розраховують за асиміляційним потенціалом, що включає індекс, який характеризує швидкість процесів біосинтезу (асиміляція), коефіцієнт редуції, який враховує самоочищення на ділянці між розрахунковими створами та показники БСК, ХСК, БСК_{повн}. Інтегральний показник (асиміляційну ємність), що відображає накопичення, трансформацію та детоксикацію забруднюючих речовин гідроекосистеми, визначають за гідрологічними показниками (середня швидкість течії та глибина водотоку), асиміляційним потенціалом, коефіцієнтами турбулентної дифузії та трансформації залишкових органічних домішок у воді [47].

Враховуючи те, що одні екосистеми можуть витримувати суттєві навантаження не порушуючи стійкість, а інші піддаються змінам за незначного впливу, автором [8] запропоновано використовувати одночасно буферну та екологічну ємності для характеристики біопродукційних процесів та їх інтенсивності у гідроекосистемах. Зокрема, буферна ємність характеризується асимілюючою та саморегулюючою можливостями щодо нейтралізації токсичних речовин без порушення структури гідробіоценозу та якісного стану водних екосистем. Екологічна ємність ілюструє збереження трофічного статусу гідроекосистеми без порушення структури видового багатства та біопродуктивності [4, 8, 14]. Якщо співвідношення екологічної ємності до буферної ємності більше або рівне одинці гідроекосистеми характеризуються високим біопродукційним потенціалом, а якщо менше, то низьким. За низького біопродукційного потенціалу переважають деструктивні процеси, які призводять до зниження асимілюючої та саморегулюючої здатності гідроекосистем, спрощення їх біотичної структури та зниження коефіцієнта самоочищення вод [8].

Авторами [46] показано, що порушення розвитку гідроекосистеми відбувається в такій послідовності: забруднення водойми → зміна хімічного стану води → порушення структурно-функціональних властивостей води → порушення саморегулюючих та самоочисних властивостей → порушення механізму регуляції гомеостазу → розвиток деградаційних процесів → порушення безпечного розвитку.

Зміни хімічного стану води відображають різноманітні екологічні індекси, які визначають за показниками сольового, трофо-сапробіологічного складу та токсичної дії [46]. Порівняння отриманих значень з гранично допустимими концентраціями (ГДК) показує наскільки критичні зміни відбуваються у водоймі. Разом з фізико-хімічними методами визначають комплексний біоценологічний критерій, який включає показники технофільності, біофільності та спеціальної техногенності. Значне підвищення вмісту елементів із низькою біофільністю призводить до відчутних змін у гідроекосистемі. За одночасного підвищення технофільності та зниження біофільності елементу відбувається збільшення його шкідливості для гідробіонтів [44, 46].

Для визначення функціональної якості водних екосистем використовують одиничне, комплексне, багатокритеріальне, інтегральне, індексно-бальне оцінювання [5, 36]. Зокрема, у балах оцінюють відносну стійкість компонентного складу водного середовища гирлових ділянок річок. Стійкість визначають як середньоарифметичне значення балів за кожний з компонентів. Якщо верхня межа вмісту компоненту не перевищує 1 ГДК, то присвоюється 1 бал, не перевищує 5 ГДК – 2 бали, не перевищує 10 ГДК – 3 бали, не перевищує 50 ГДК – 4 бали, перевищує ГДК у 50 і більше разів – 5 балів. Відповідно відносна стійкість екосистеми за компонентним складом водного середовища може змінюватися від стійкого до дуже нестійкого (незворотні зміни) стану [6].

Розвиток процесів у басейнах малих річок від стабілізації до деградації розраховують з урахуванням впливу позитивних та негативних факторів. До позитивних відносять лісистість, залуженість, озерність та показник зміни стоку річки, до негативних – розораність, урбанізованість, водозабір підприємств промисловості, комунального і сільського господарства, стічні води підприємств промисловості, комунального та сільського господарства [41].

Оцінку екологічної стійкості ландшафтів річок проводять за методикою Е. Клементової та В. Гейниге [20]. Методика включає аналіз стійкості за коефіцієнтами екологічної стабілізації ландшафтів $K_{ЕСЛ1}$ та екологічної стабілізації біотехнічних елементів і всього ландшафту $K_{ЕСЛ2}$.

Перший показник визначається зіставленням площ, які зайняті різними елементами ландшафту, з врахуванням їх позитивного чи негативного впливу. Другий показник включає аналіз площ біотехнічного елемента та всієї території, коефіцієнти екологічного значення окремих біотехнічних елементів та геологоморфологічної стійкості рельєфу.

Стійкість водних екосистем значно залежить від морфометричних особливостей об'єкту, гідрологічних, фізико-географічних та кліматичних умов [40]. Також встановлено, що важливими індикаторами, які свідчать про порушення водної екосистеми, є показники гідрохімічного (вміст розчиненого кисню, прозорість, біогенні елементи), біологічного (видовий склад та біомаса фітопланктону, вплив вищої водної рослинності) стану та донних відкладів (особливості накопичення органічних речовин) [53].

Примаць К. О. наводить класифікацію стійкості водойм відповідно до зміни параметрів природного режиму. Основними показниками, які характеризують водойму за класами стійкості від максимального (I) до мінімального (V), є площа водного дзеркала, об'єм, максимальна глибина, середня температура вод, середня стратифікація та умови проточності. Стійкість водойми до зміни параметрів якості води визначають за вмістом нітрогену амонійного, завислих речовин, біохімічного споживання кисню за 5 діб та кольоровістю [40]. У роботі [40] розроблені методи кількісної інтегральної оцінки стійкості водних екосистем до зміни природних та антропогенних умов, екологічного благополуччя та екологічного ризику. Порівняння стану екосистем за допомогою інтегральних методик дозволяє не лише кількісно оцінити просторово-часові особливості змін, а й визначити ступінь їхньої трансформації та показники допустимих впливів [36]. Вибір показників здійснюють таким чином, щоб вони були репрезентативними при оцінюванні стану водойми.

Процеси гідродинаміки великих оліготрофних озер обумовлюють відсутність видимих ознак забруднення, що відбувається тривалий час. Унаслідок інтенсивного перемішування води видовий склад, сапробність та інші показники не можуть чітко відображати стан водойми, тому накопичення у значній кількості забруднювачів в озері проходить довго, непомітно та призводить до незворотних змін [28]. Водночас перемішування води має важливе значення для функціонування водних екосистем, оскільки насичує їх киснем, перерозподіляє потоки речовини та енергії водною товщею тощо. Стійкість водної маси оцінюють за двома показниками. Перший (стійкість Шмідта) дозволяє проаналізувати стійкість стовпа води до механічного перемішування. Другий показник (Lake Number (Ln)) описує процеси перемішування усередині стовпа води під впливом вітру [10, 56].

Для побудови критеріїв стійкості водного середовища озерної екосистеми використовують біомасу продуцентів (фітопланктону), біомасу консументів (зоопланктону), концентрацію біогенних речовин, масу детриту, біомасу бактерій та вміст розчиненого кисню. На основі імітаційного моделювання визначають за яких умов при змінах зазначених показників та їх відношенні екосистема буде стійкою чи нестійкою. Стійкість водної екосистеми порушується за домінування у водоймі синьо-зелених водоростей внаслідок зміни відношення N:P (менше 29:1) [51].

Стійкість відображає трофічний статус водойми, який визначають за показниками первинної продукції планктонних організмів, вмістом у воді хлорофілу, фосфору, нітрогену та біомасою фітопланктону. Також аналізують гетеротрофні угруповання, оскільки у трофічні сітки включаються не тільки органічні речовини, що утворилися під час фотосинтезу у водоймі, а й речовини алохтонного походження. Перевищення продукції над деструкцією свідчить про важливу роль гетеротрофного бактеріопланктону («мікробіальна петля») у процесах трансформації речовин [1, 54].

Забруднення водних екосистем супроводжується певними взаємопов'язаними закономірностями: проходить антропогенна деструктивна сукцесія, яка відображає нелінійні залежності між характеристиками стану біоценозів та ступенем забруднення води; форми трофічної піраміди біоценозу за умов евтрофікації води змінюються в результаті збільшення нижніх та пригнічення, скорочення верхніх трофічних рівнів; відбувається інверсія основи трофічної піраміди на користь гетеротрофної складової внаслідок накопичення органічної

речовини, яка не розклалася; збільшується частина речовин та енергії біоценозу, що надходить до мікробіальної петлі [30].

Стійкість абіотичних компонентів значною мірою визначається фізико-механічними і хімічними процесами перенесення, розведення, сорбції та міграції речовин [38, 40].

Вплив біоти на підтримання стійкості. Важливим компонентом водної екосистеми є біота, яка миттєво реагує на зміни середовища свого існування та підтримує його стійкість в певних межах. Згідно теорії біотичної регуляції, підтримання стійкості екосистеми забезпечує чиста первинна продукція, яку накопичує біота за певний час. За нормальних умов відсоток зниження чистої первинної продукції не повинен перевищувати 1 [15, 35]. Величина споживання первинної продукції в надмірно освоєних, змінених та штучних екосистем може варіювати від 10 до 30% [15], що порушує механізм біотичної регуляції. Ці екосистеми поступово втрачають здатність до самовідновлення, оскільки природна біота може компенсувати лише ті порушення, які не призводять до втрати її самої [11, 58]. Створення штучних екосистем дозволило суттєво збільшити чисту продукцію біоти, але одночасно призвело до спрощення структури системи, сповільнення проходження стадій сукцесій, зменшення видового багатства та, відповідно, зниження їхньої стійкості. Існування таких екосистем неможливе без підтримання «штучної рівноваги» [9].

Біота здатна перебудовувати структуру екосистем відповідно до зміни навколишнього середовища, тому при оцінці стану екосистем, їх потенціалу та ризиків втрати досліджують сукцесійні стадії (серії) угруповань від піонерного до стійкого клімаксного [2, 15]. Проходження фаз сукцесії супроводжується постійною зміною елементів угруповання, які краще адаптовані до умов. Завдяки успішному проходженню фази стабілізації, яка триває найбільше часу, збільшується видове багатство, продуктивність екосистеми та, відповідно, зростає її стійкість [15]. Однак, скільки часу екосистема буде знаходитися у близькому до стійкості стану, прогнозувати складно, оскільки будь-які нові впливи здатні вивести її з рівноваги. Найвищі ризики втрати стійкості характерні для екосистем, які близькі до клімаксного стану, а найнижчі – для піонерних стадій розвитку сукцесій [2, 15]. Здатність довго існувати в певних типах фітоценозів і заселяти угруповання сукцесійного статусу цілком визначається не лише екологією дорослих особин, але передусім процесами дисперсії діаспор, збереження їх життєздатності і здатністю формувати сходи [62]. Виключення одного або декількох видів з угруповання також можна інтерпретувати як порушення його стійкості. Решта видів можуть утворити стійке угруповання, але воно вже буде зовсім іншим [48].

Природний розвиток екосистем завжди спрямований на досягнення стабілізації (клімаксу), тобто такого стану, який має найвищі значення ентропії. Тому оцінку і порівняння різних процесів, що відбуваються у екосистемі, здійснюють, враховуючи зв'язування, збереження, економне використання та накопичення енергії у вигляді вільної форми (біомаси зелених рослин, торфу, органічної речовини тощо), яку можна використати за потреби [14, 34]. Одним із показників, який відображає енергетичний стан і зміни екосистеми, є Нітроген, а точніше – нітрогеновмісні сполуки (NO_2^- , NO_3^- та NH_4^+). Присутність сполук Нітрогену та їх доступність для біоти впливає на екологічну нішу, консортивні зв'язки, проходження сукцесії (хід, напрямок, швидкість, тобто розвиток екосистем), появу тих чи інших біоморф і типів стратегій рослин [14]. Наприклад, терофіти (експлеренти) швидко засвоюють надлишок сполук Нітрогену, але повністю відмирають (біомаса відмерлих частин становить 100 %), залишаючи лише насіння. Гемікриптофіти та геофіти (патієнти) швидко засвоюють сполуки Нітрогену і, відмираючи (листя, стебло), запасують їх у приземних чи підземних органах, що може становити від 20 до 50 % біомаси. Криптофіти та фанерофіти запасують сполуки Нітрогену в багаторічних надземних пагонах, а деякі – у вічнозелених листках. Відмерла частина біомаси в них варіює від декількох до 50% [14, 43]. Кожна з життєвих форм рослин має свої особливості накопичення та віддачі Нітрогену у вигляді органічних форм, а перетворення їх у неорганічні форми залежить від біологічних та хімічних властивостей середовища, які визначають швидкість накопичення органіки або її розкладу. Відношення між накопиченням (Nb) та розкладом (Ne) органіки відображає тип сукцесії ($\text{Nb}/\text{Ne}=1$ – екосистема стабільна; $\text{Nb}/\text{Ne}>1$ – ендодинамічна сукцесія; $\text{Nb}/\text{Ne}<1$ – екзодинамічна сукцесія). Проходження стадій сукцесій

супроводжується поступовим накопиченням сполук Нітрогену. Проте надмірне їх збільшення у біомасі уповільнює хід сукцесії, але водночас збільшує інерційність та стійкість екосистеми. Таким чином, Нітроген слугує ідеальним індикатором внеску біосистеми в екосистему і віддачі екосистеми в біосистему [14].

Дідух Я. П. зазначає [15], що формування, зміна та стабілізація екосистем відображається в сукцесіях біотопів. Відповідно до ступеня стійкості, автор виділяє біотопи трьох категорій (S-стійкі, P-пластичні та I-інертні) та 12 ознак фітоценозів (вплив антропогенної трансформації, відновлюваність, положення у сукцесійному ряду відносно антропогенних сукцесій, регіональна репрезентативність, характер поширення, екологічна амплітуда, екологічні умови поширення, наявність інвазійних видів, ступінь гемеробності, співвідношення між типами стратегії (S/R), соціологічна значущість та синфітосозологічний статус), за якими оцінюються зміни біотопів відносно їхніх стійких станів. Аналіз за цими критеріями дозволяє відслідковувати стійкість екосистеми та можливі ризики її втрати.

Для визначення стану, контролю та здійснення прогнозування стану водних екосистем будують діаграми сукцесій, які відображають динаміку кількісних показників стану біоценозу (чисельність, біомаса гідробіонтів) та фізико-хімічні характеристики якості води (вміст розчиненого кисню, нітрогену, фосфору, специфічних забруднювачів). Також враховують дані, які найбільше віддзеркалюють зміни у структурі біоценозу (відношення певних груп гідробіонтів, ступінь збалансованості автотрофної та гетеротрофної ланки, особливості трансформації та передачі ланцюгами живлення органічної речовини) [29].

Відомо, що стабільність екосистеми підтримують види, які проживають в екотопі. Збільшення різноманітності видів у екосистемі підвищує її стійкість. Кількісний опис видового різноманіття здійснюють, використовуючи різні індекси [33] (видового різноманіття Шеннона, домінування та різноманіття Сімпсона, видового багатства Маргалєфа, видового багатства Менхінка, вирівняності Пієлу та ін.), які характеризують стійкість угруповання. Наприклад, індекс вирівняності Пієлу показує частоту можливих флуктуаційних коливань чисельності видових популяцій угруповання в умовах біотичної насиченості середовища. Тобто, виявляє ступінь рівномірності розподілу видів за їх чисельністю в угрупованні. Багаточленні угруповання з нечисельних популяцій відзначаються вищою екологічною стійкістю, ніж малочленні, до складу яких входять численні популяції. Загалом, вирівняність надійно характеризує стійкість угруповання через кількісні параметри – видове багатство та чисельність видів [7, 33].

Основою біорізноманіття водних екосистем є фітопланктон, оскільки він продукує автохтонну органічну речовину і насичує водну товщу розчиненим киснем [37, 50]. Незначна кількість видів і низька чисельність фітопланктону характерна для водойм, які зазнають посиленого антропогенного впливу. Водойми, які певною мірою зберегли свій природний стан, характеризуються високим видовим, таксономічним і кількісним різноманіттям фітопланктону та інших угруповань гідробіонтів, що є показником стійкості гідроекосистеми до впливу негативних чинників [50].

Індикаторами стану водного середовища є організми мікрозоопланктону (інфузорії, коловертки) та бентосу (олігохети). Аналіз зообентосу здійснюють за представниками родини Tubificidae [27]. Зокрема, збільшення їх розмірів вказує на евтрофікацію річки і збільшення замулених ділянок дна [52]. Використовують індекс AMBI (AZTI Marine Biotic Index), який дозволяє визначити стан екосистеми за співвідношенням п'яти екологічних груп організмів (чутливі види, індиферентні до стресу види, стрес-толерантні види, види-опортуністи першого порядку, види-опортуністи другого порядку) [27, 60]. При оцінюванні стійкості важливо визначити тотальну стійкість, оскільки в окремих аспектах поряд з переважанням стійких станів можуть спостерігатися нейтральні або нестійкі стани угруповання [18].

У роботі [25] розрахований трофічний статус річок, сапробність, значення певних угруповань та біотичних індексів для оцінювання стану водойми. Показано, що чисельність і біомаса фітопланктону, фітоперифітону, зоопланктону та зообентосу є індикаторами стійкості водойми. Також враховано, що структура планктону в річках залежить від наявності проточних озер, а для бентосу та перифітону важливі підстилаючий ґрунт та субстрат [26].

Для стійкого існування популяції необхідна не лише підтримка певного рівня чисельності, але обов'язкова наявність різних поколінь і достатнього рівня віталітету основної частини особин [23]. Тому важливим критерієм, що відображає закономірності підтримання, зміни та стійкість організмів у конкретних умовах існування, є віталітетний спектр. Його оцінку здійснюють, використовуючи морфометричні параметри (довжину пагона, довжину суцвіття, довжину та ширину листка, кількість плодів), біомасу, щільність, репродуктивне зусилля, частку проективного покриття тощо. Депресивний, рівноважний і процвітаючий віталітетні типи аналізують за індексом якості популяції (Q) [19], значення якого лежать у діапазоні 0–0,5. Вищі значення Q вказують на високий віталітет популяції, нижчі – свідчать про домінування в популяції пригнічених і ослаблених особин [22]. Переважання в ценопопуляціях дрібних особин, що характерно для депресивного типу віталітетної структури, свідчить про невідповідність умов місцезростання екологічному оптимуму. Найчастіше депресивний тип характерний для тих видів, які вразливі до змін природного середовища та знаходяться на межі свого розповсюдження [42]. Водночас наявність особин низької життєвості необхідна для існування ценопопуляції. Зокрема, види рослин низького віталітету здатні швидше реалізовувати репродуктивний потенціал, тому відіграють ключову роль як резервати відновлення популяції після дії стресових чинників [19, 63]. Віталітетний склад впливає на швидкість заміщення поколінь, загальну динаміку чисельності та тенденції до зміни просторових розмірів на популяційному і субпопуляційному рівнях [17].

На стійкість популяцій найбільше впливає їх структура та динаміка, а на стійкість особин – стать (дводомні рослини), вік, онтогенетичний та життєві стани [13]. Крім того, життєздатність популяцій, яку забезпечують різноманітні функціональні зв'язки між особинами (генетичні, фітоценотичні тощо), також залежить від рівномірності розміщення особин у вертикальному профілі [13]. У результаті тривалої сумісної еволюції між видами сформувалися такі взаємовигідні зв'язки, які не лише допомагають їм краще використовувати ресурси середовища, а й збільшують їх шанси на виживання і підвищують стійкість екосистем [22].

Зручним інструментом для оцінки стійкості екосистем є макрофіти (вищі водні рослини та макроскопічні водорості), які є чутливими індикаторами, оскільки виконують цілий ряд важливих функцій, але, реагуючи із запізненням, відображають не випадкові, а стійкі зміни середовища [21]. Порушення умов місцезростання макрофітів відображається у змінах видового складу, едіфікаторів, продуктивності фітоценозів, характеру заростання, рясності, проективного покриття видів, особливостях просторового розподілу тощо [21, 24, 32]. Наприклад, збільшення площі угруповань *Typha latifolia* L. свідчить про поступові процеси заболочування водойми [21, 32].

Відгук біоти на порушення умов проживання може проявлятися у відхиленнях морфологічних та фізіологічних показників. Так, на зміни стійкості екосистем білатерально симетричні організми реагують безвекторним порушенням симетрії, яка є своєрідною реакцією на несприятливий екологічний стан середовища. Причому, чим гірші умови для розвитку організмів, тим вищі значення флуктуаційної асиметрії [49, 61]. Найкращими видами-індикаторами в гідроекосистемах, за якими визначають флуктуаційну асиметрію, є рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus* L.), сальвінія плаваюча (*Salvinia natans* (L.) All.), глечики жовті (*Nuphar lutea* (L.) Smith) [49] та елодея канадська (*Elodea canadensis* Michx.) [59]. Згідно дослідження авторів [49], найбільш виражені зміни коефіцієнтів флуктуаційної асиметрії виявлено в місцях посиленого антропогенного тиску, приурочені вони до ділянок впливу стічних вод, а варіювання коефіцієнтів флуктуаційної асиметрії зафіксовано при досягненні високої концентрації важких металів у донних відкладах та прибережному ґрунті. Крім того, виявлено, що зростання індексів видового багатства Маргалефа, загального різноманіття Шеннона та індексу вирівняності Піелу, супроводжується зниженням індексів флуктуаційної асиметрії у *Nuphar luteum*, *Potamogeton perfoliatus* та *Salvinia natans*. Відповідно зростання індексу домінування Сімпсона призводило до збільшення коефіцієнтів асиметрії [49].

Стійкість біоти підтримується адаптацією організмів до впливу в результаті внутрішньої резистентності та за рахунок здатності до біохімічного розкладу токсичних сполук і зміни швидкостей обмінних процесів [38, 40]. Механізм біотичної саморегуляції водних екосистем є комплексним інтегральним показником, за яким можна визначити зміни речовинно-енергетичного балансу, критерії біомаси, коефіцієнти самовідновлення вод, інтенсивність пластичного метаболізму та баланс екологічної ємності [45].

Висновки

Різноманітність та багатокомпонентність водних екосистем зумовлює необхідність виокремлення надійних маркерів, які віддзеркалюють їхній стан, зміни та особливості функціонування. Наявність тісних зв'язків усіх компонентів екосистеми з біотою робить її важливим показником, що сигналізує про стійкість чи вразливість екосистеми. Здатність біоти відповідно реагувати на антропогенний вплив дає можливість не лише констатувати зміни, а за допомогою моделювання їх передбачати та попереджати.

Підходи до оцінювання стійкості водних екосистем містять значну кількість показників, критеріїв та шкал, які включають абіотичні та біотичні компоненти. Вибір необхідних методів здійснюється з урахуванням специфічних особливостей досліджуваного водного об'єкту. Однак найчастіше використовують інтегральні підходи, які дозволяють прослідкувати певні закономірності в підтриманні стійкості, а також виокремити, упорядкувати та визначити взаємозв'язок між компонентами водної екосистеми та факторами, що найбільше впливають на її стан.

1. Адамович Б. В., Жукова Т. В., Ковалевская Р. З., Михеева Т. М., Крюк Д. В., Смольская О. С., Костоусов В. Г. Аэробная деструкция и трофический статус озерных экосистем. *Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы II Международной конференции (19–24 мая 2019 г.)*. Казань, 2019. Ч. 1. С. 19–22.
2. Азаров С. І., Задунай О. С. Аналіз стійкості екосистем. *Екологічна безпека та природокористування*. 2019. Вип. 3. С. 46–56.
3. Азаров С. І., Сидоренко В. Л., Задунай О. С. Визначення надійності екосистем до чинника антропогенного тиску. *Збірник наукових праць «Екологічна безпека та природокористування»*. 2017. № 3–4 (24). С. 50–57.
4. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия. М. : Логос, 2000. 625 с.
5. Амаро Медина Д. Р., Дмитриев В. В. Интегральная оценка экологического благополучия речных систем. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2019. 64 (2). С. 162–184.
6. Брызгалов В. А., Никаноров А. М., Косменко Л. С., Решетняк О. С. Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние : монография. Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2015. 164 с.
7. Буц Ю. В., Тітенко Г. В. Динаміка видового різноманіття водно-болотних природних комплексів як прояв пірогенної релаксії геосистем. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2013. Вип. 15. С. 17–22.
8. Вільдман І. Л. Наукові основи створення системи інтегральних біоценотичних методів контролю водних систем (на прикладі р. Інгулець): дис... канд. техн. наук: 21.06.01. Київський національний університет будівництва і архітектури. К., 2016. 222 с.
9. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія: навчальний посібник. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
10. Гавриленко Г. Г., Здоровеннова Г. Э., Здоровеннов Р. Э., Волков С. Ю., Ефремова Т. В., Пальшин Н. И., Богданов С. Р., Тержевик А. Ю. Условия изменения режима перемешивания мелководного озера в весенне-летний период. *Труды III Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития»*. СПб. : ХИМИЗДАТ, 2019. С. 200–204.
11. Горшков В. В., Горшков В. Г., Макарьева А. М. Биотическая регуляция окружающей среды. *Экология и образование*. 1999. № 1/2. С. 11–18.

12. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. К. : Лікей, 1995. 233 с.
13. Данилик І. М., Сосновська С. В. Методика моніторингу стану популяцій раритетних видів осок на природоохоронних територіях. *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Рослинний світ та гриби. Серія: «Conservation Biology in Ukraine»*. Вип. 16. Т. 1. Київ; Чернівці : Друк Арт, 2020. С. 75–78.
14. Дідух Я. П. Азот як індикатор стійкості та функціонування екосистем. *Наукові записки НаУКМА: Природничі науки*. 1998. Т. 5. С. 75–79.
15. Дідух Я. П. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2014. Т. 158. С. 54–60.
16. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. К. : Наука, 1994. 275 с.
17. Жилієв Г. Г. Жизнеспособность популяций растений. Львов : ЛПМ НАНУ, 2005. 304 с.
18. Жуков О. В., Губанова Н. Л. Динамічна стійкість угруповання земноводних короткозаплавних лісових екосистем. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2015. 23 (2). С. 161–171. DOI: <https://doi.org/10.15421/011523>
19. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений : современное состояние, точки роста. Сумы : Университетская книга, 2009. 263 с.
20. Клементова Е., Гейниге В. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственного ландшафта. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1995. № 5. С. 24–35.
21. Клепець О. В., Пилипенко М. О. Фітоіндикація екологічного стану малої паркової водойми. *Біологія та екологія*. 2018. Т. 4, № 1. С. 72–87.
22. Коваленко І. М. Еколого-біологічні властивості трав'яно-чагарничкового покриву лісових екосистем північного сходу України: дис. ... докт. біолог. наук : 03.00.16 Екологія. Суми, 2016. 500 с.
23. Коваленко І. М. Фітопопуляційний моніторинг лісових екосистем. *Електронний науковий фаховий журнал «Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України»*. 2016. № 1 (58). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2016_1/10.pdf.
24. Кокин К. А. Экология высших водных растений. М. : Изд-во МГУ, 1982. 160 с.
25. Комулайнен С. Ф., Лозовик П. А., Круглова А. Н., Барышев И. А., Галибина Н. А. Оценка экологического состояния рек северного побережья Ладожского озера по химическим показателям и структуре гидробиоценозов. *Водные ресурсы*. 2016. Т. 43, № 3. С. 277–286. DOI: <https://doi.org/10.17076/bg597>
26. Комулайнен С. Ф., Лозовик П. А., Круглова А. Н., Барышев И. А., Сластина Ю. Л., Галибина Н. А. Современное состояние реки Сюскюяньйоки (бассейн Ладожского озера, Республика Карелия). *Труды КарНЦ РАН. Сер. Биogeография*. 2017. № 7. С. 19–33.
27. Кренёва К. В., Свистунова Л. Д., Сёмин В. Л. Оценка экологического состояния вод Таганрогского залива Азовского моря по ряду показателей микрзоопланктона и зообентоса. *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. 2008. Т. 1, № 1. С. 85–92.
28. Кренева С. В. Биологический анализ загрязненных вод в больших олиготрофных озерах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск: ЗИН АН БССР, 1982. 20 с.
29. Кренева С. В., Кренёва К. В. Холистический взгляд на проблему контроля экологии водных экосистем. *Естественные и технические науки*. 2016. № 12. С. 65–66.
30. Кренева С. В., Матишов Г. Г., Кренева К. В. К методологии контроля загрязнения и состояния водных экосистем. *Вестник Южного научного центра*. 2014. Т. 10, № 4. С. 73–79.
31. Маджд С. М., Кулинич Я. И. Наукова методологія оцінювання екологонебезпечних ризиків функціонування техногенно-зміненних водних екосистем. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. 2017. № 4. С. 88–95.
32. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації : наук.-метод. посіб. Київ : Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Інститут екології НЕЦ України, 2011. 112 с.
33. Мегарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М. : Мир, 1992. 173 с.

34. Надточій П. Енергетика органічної речовини ґрунту – основа стійкості його функціонування як відкритої екосистеми. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2014. № 2 (1). С. 21–37.
35. Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Глобальная экология : учебное пособие. М., 2000. 304 с.
36. Одинокова К. Д., Примак Е. А. Сравнительная интегральная оценка устойчивости антропогенно-трансформированного водоема к изменению параметров естественного и антропогенного режимов. *Труды III Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития»*. СПб. : ХИМИЗДАТ, 2019. С. 661–664.
37. Одум Ю. Основы экологии. М. : Мир, 1975. 740 с.
38. Павленко М. Ю., Мацокин Л. В., Шурда К. Е., Мальована А. О., Котельникова Ю. О. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка методології та методичного забезпечення екологічних ризиків морегосподарської діяльності». Етап 1. Розробка методології оцінки екологічних ризиків морегосподарської діяльності (проміжний). Одеса : УкрНЦЕМ, 2019. 90 с.
39. Писанко Я. І. Особливості структурно-функціональної організації техногенно зміненої водної екосистеми гирлової ділянки річки Ірпінь : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 21.06.01. Київ. 26 с.
40. Примак Е. А. Интегральная оценка устойчивости районов Ладожского озера к изменению параметров естественного и антропогенного режимов. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. Сер. 7. 2009. Вып. 3. С. 151–159.
41. Рибалова О. В. Комплексний підхід до визначення екологічного стану басейнів малих річок. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки : зб. наук. пр. УкрНДІЕП*. Харків, 2010. Вип. XXX. С. 88–98.
42. Тетерюк Л. В., Дымова О. В., Головка Т. К. Морфофизиологические и популяционные адаптации *Ajuga reptans* L. на северной границе ареала. *Экология*. 2001. № 3. С. 209–216.
43. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М.; Л., 1955. 599 с.
44. Удод В. М., Вільдман І. Л. Важкі метали як забруднювачі водної системи р. Інгулець. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2014. Вип. 24. С. 22–26.
45. Удод В. М., Маджд С. М., Кулинич Я. І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. 2017. № 3. С. 93–99.
46. Удод В. М., Вільдман І. Л., Жукова Е. Г. Разработка современных биоценологических методов контроля экологического состояния гидроэкосистем рек. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. Харьков, 2014. Вип. 5/10 (71). С. 4–11.
47. Удод В. М., Вільдман І. Л. Наукове обґрунтування використання показника асиміляційного потенціалу та асиміляційної ємності для екологічної оцінки стану ГЕ річок. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2014. Вип. 16. С. 81–92.
48. Український В. В., Коморін В. М., Комарова Л. Г. Звіт про науково-дослідну роботу комплексна оцінка впливу природних та антропогенних факторів на стан морського середовища України. Одеса, 2018. Том V. 102 с.
49. Федонюк Т. П., Власова О. В. Морфогенетичний аналіз стабільності розвитку водних макрофітів в короткотерміновому біомоніторингу водних екосистем Полісся України. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 90–97.
50. Щербак В. І., Семенюк Н. Є. Фітопланктон як показник ступеню урбанізації внутрішніх водойм м. Києва. *Збірник наукових праць УкрНДГМІ*. 2003. № 251. С. 156–162.
51. Юзевич В. М., Бондар Г. Ю. Критерії екологічної стійкості в озерознавстві. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2021. 4 (1). С. 154–160.
52. Яворський В. Ю. Макрозообентос незарегульованої рівнинної річкової системи (на прикладі басейну Десни) : дис. ... канд. біолог. наук: 03.00.17. Київ, 2016. 190 с.
53. Якушко О. Ф., Новик А. А. Проблемы экологической устойчивости ледниковых ложбинных озер Белорусского Поозерья. *Вестник БГУ*. 2005. № 1. С. 55–59.
54. Adamovich V. V., Medvinsky A. V., Nikitina L. V. et al. Relations between variations in the lake bacterioplankton abundance and the lake trophic state: Evidence from the 20-year monitoring.

- Ecological Indicators*. 2019. V. 97. P. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.049>
55. Guo H. D., Shao J. L et al. Urban Water Resources Carrying Capacity Based on Pressure-State-Response Model. *Water Resources Protection*, 2009. № 25 (2) P. 46–49.
 56. Imberger J., Patterson J.C. Physical limnology. *Advances in Applied Mechanics*. 1990. V. 27. P. 303–475.
 57. Krebs C. J. Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. New York : Harper and Row, 1978. 678 p.
 58. Makar'eva A. M., Gorshkov V. G. The Forest Biotic Pump of River Basins. *Russian Journal of Ecology*. 2008. Vol. 39. No. 7. P. 537–540. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1067413608070114>
 59. Mal T. K., Adorjan P., Corbett A. L. Effect of copper on growth of an aquatic macrophyte, *Elodea canadensis*. *Environmental Pollution*. 2002. № 120 (2). P. 307–311. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00146-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00146-X)
 60. Muxika I., Borja A., Bonne W. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*. 2005. Vol. 5, Issue 1. P. 19–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.08.004>
 61. Parsons P. A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological reviews*. 1990. Vol. 65, №. 2. P. 131–145. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.1990.tb01186.x>
 62. Verheyen K., Hermy M. Recruitment and growth of herb-layer species with different colonizing capacities in ancient and recent forests. *J. Veget. Sci.* 2004. Vol. 15. P. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02245.x>
 63. Winter C., Lehmann S., Diekmann M. Determinants of reproductive success: A comparative study of five endangered river corridor plants in fragmented habitats. *Biological conservation*. 2008. Vol. 141. P. 1095–1101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.02.002>

References

1. Adamovich B. V., Zhukova T. V., Kovalevskaia R. Z., Mikheeva T. M., Kriuk D. V., Smol'skaia O. S., Kostousov V. G. Aerobnaia destruktsiia i troficheskiy status ozernykh ekosistem. *Ozera Evrazii: problemy i puti ikh resheniia. Materialy II Mezhdunarodnoy konferentsii* (19–24 maia 2019 g.). Kazan', 2019. Ch. 1. S. 19–22. [in Russian]
2. Azarov S. I., Zadunay O. S. Analiz stiykosti ekosystem. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*. 2019. Vyp. 3. S. 46–56. [in Ukrainian]
3. Azarov S. I., Sydorenko V. L., Zadunay O. S. Vyznachennia nadiynosti ekosystem do chynnyka antropohennoho tysku. *Zbirnyk naukovykh prats «Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia»*. 2017. № 3–4 (24). S. 50–57. [in Ukrainian]
4. Alekseenko V. A. Ekologicheskaiia geokhimiia. M. : Logos, 2000. 625 s. [in Russian]
5. Amaro Medina D. R., Dmitriev V. V. Integral'naia otsenka ekologicheskogo blagopoluchiiia rechnykh sistem. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2019. 64 (2). S. 162–184. [in Russian]
6. Bryzgalo V. A., Nikanorov A. M., Kosmenko L. S., Reshetniak O. S. Ust'evye ekosistemy krupnykh rek Rossii: antropogennaia nagruzka i ekologicheskoe sostoianie : monografiia. Rostov n/D: Izdatel'stvo Iuzhnogo federal'nogo universiteta, 2015. 164 s. [in Russian]
7. Buts Yu. V., Titenko H. V., Dynamika vydovoho riznomanittia vodno-bolotnykh pryrodnykh kompleksiv iak proiav pirohennoi relaksii heosystem. *Visnyk Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu*. 2013. Vyp. 15. S. 17–22. [in Ukrainian]
8. Vildman I. L. Naukovi osnovy stvorennia systemy intehralnykh biotsenotychnykh metodiv kontroliu vodnykh system (na prykladi r. Inhulets): dys. ... kand. tekhn. nauk: 21.06.01. Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury. K., 2016. 222 s. [in Ukrainian]
9. Voloshyna N. O. Zahalna ekolohiia ta neokolohiia: navchalnyi posibnyk. Kyiv : NPU imeni M. P. Drahomanova, 2015. 335 s. [in Ukrainian]
10. Gavrilenko G. G., Zdorovenнова G. E., Zdorovenнов R. E., Volkov S. Iu., Efremova T. V., Palshin N. I., Bogdanov S. R., Terzhevnik A. Iu. Usloviia izmeneniia rezhima peremeshivaniia melkovodnogo ozera v vesenne-letniy period. *Trudy III Vserossiyskoy konferentsii* ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2021. Т. 81, № 3 65

- «*Gidrometeorologiya i ekologiya: dostizheniya i perspektivy razvitiya*». SPb.: KhIMIZDAT, 2019. S. 200–204. [in Russian]
11. Gorshkov V. V., Gorshkov V. G., Makar'eva A. M. Bioticheskaia reguliatsiia okruzhaiushchey sredy. *Ekologiya i obrazovanie*. 1999. № 1/2. С. 11–18. [in Russian]
 12. Hrodzyns'kyi M. D. Stiikist heosystem do antropohennykh navantazhen. K. : Likey, 1995. 233 s. [in Ukrainian]
 13. Danylyk I. M., Sosnovska S. V. Metodyka monitorynhu stanu populatsii rarytetnykh vydiv osok na pryrodookhoronnykh terytoriiakh. Monitorynh ta okhorona bioriznomanittia v Ukraini : Roslynni svit ta hryby. Seriya: «Conservation Biology in Ukraine». Vyp. 16. T. 1. Kyiv; Chernivtsi : Druk Art, 2020. S. 75–78. [in Ukrainian]
 14. Didukh Ya. P. Azot iak indykator stiykosti ta funktsionuvannia ekosystem. *Naukovi zapysky NaUKMA: Pryrodnychi nauky*. 1998. T. 5. S. 75–79. [in Ukrainian]
 15. Didukh Ya. P. Otsinka stiykosti ta ryzykiv vtraty ekosystem. *Naukovi zapysky NaUKMA. Biologiya ta ekolohiya*. 2014. T 158. S. 54–60. [in Ukrainian]
 16. Didukh Ya.P., Pliuta P.H. Fitoindykatsiia ekolohichnykh faktoriv. K.: Nauka, 1994. 275 s. [in Ukrainian]
 17. Zhiliaev G. G. Zhiznesposobnost' populatsiy rasteniy. L'vov: LPM NANU, 2005. 304 s. [in Russian]
 18. Zhukov O. V., Hubanova N. L. Dynamichna stiykist uhrupovannia zemnovodnykh korotkozaplavnykh lisovykh ekosystem. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biologiya, ekolohiya*. 2015. 23 (2). S. 161–171. DOI: <https://doi.org/10.15421/011523> [in Ukrainian]
 19. Zlobin Iu. A. Populiatsionnaia ekologiya rasteniy : sovremennoe sostoianie, tochki rosta. Sumy : Universitetskaia kniga, 2009. 263 s. [in Russian]
 20. Klementova E., Geynige V. Otsenka ekologicheskoy ustoychivosti sel'skokhoziaystvennogo landshafta. *Melioratsiia i vodnoe khoziaystvo*. 1995. No 5. S. 24–35. [in Russian]
 21. Klepets O. V., Pylypenko M. O. Fitoindykatsiia ekolohichnoho stanu maloi parkovoi vodoymy. *Biologiya ta ekolohiya*. 2018. T. 4, No1. S. 72–87. [in Ukrainian]
 22. Kovalenko I. M. Ekoloho-biologichni vlastyivosti traviano-chaharnykhkovoho pokryvu lisovykh ekosystem pivnichnoho skhodu Ukrainy: dys. ... dokt. bioloh. nauk : 03.00.16 Ekolohiya. Sumy, 2016. 500 s. [in Ukrainian]
 23. Kovalenko I. M. Fitopopuliatsiynny monitorynh lisovykh ekosystem. *Elektronnyi naukovyi fakhovyi zhurnal «Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy»*. 2016. № 1 (58). URL: https://nd.nubip.edu.ua/2016_1/10.pdf. [in Ukrainian]
 24. Kokin K. A. Ekologiya vysshikh vodnykh rasteniy. M. : Izd-vo MGU, 1982. 160 s. [in Russian]
 25. Komulaynen S. F., Lozovik P. A., Kruglova A. N., Baryshev I. A., Galibina N. A. Otsenka ekologicheskogo sostoianii rek severnogo poberezh'ia Ladozhskogo ozera po khimicheskim pokazateliam i strukture gidrobiotsenozov. *Vodnye resursy*. 2016. T. 43, No 3. С. 277–286. DOI: <https://doi.org/10.17076/bg597> [in Russian]
 26. Komulaynen S. F., Lozovik P. A., Kruglova A. N., Baryshev I. A., Slastina Iu. L., Galibina N. A. Sovremennoe sostoianie reki Siuskiuianyoki (basseyn Ladozhskogo ozera, Respublika Kareliia). *Trudy KarNTs RAN. Ser. Biogeografiia*. 2017. № 7. С. 19–33. [in Russian]
 27. Kreneva K. V., Svistunova L. D., Semin V. L. Otsenka ekologicheskogo sostoianiiia vod Taganrozhskogo zaliva Azovskogo moria po riadu pokazateley mikrozooplanktona i zoobentosa. *Izvestiia Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Biologiya. Ekologiya»*. 2008. T. 1, № 1. S. 85–92. [in Russian]
 28. Kreneva S. V. Biologicheskii analiz zagriaznennykh vod v bol'shikh oligotrofnnykh ozerakh: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Minsk: ZIN AN BSSR, 1982. 20 s. [in Russian]
 29. Kreneva S. V., Kreneva K. V. Kholisticheskii vzgliad na problemu kontroliia ekologii vodnykh ekosistem. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2016. № 12. S. 65–66. [in Russian]
 30. Kreneva S. V., Matishov G. G., Kreneva K. V. K metodologii kontroliia zagriazneniia i sostoianiiia vodnykh ekosistem. *Vestnik IUzhnogo nauchnogo tsentra*. 2014. T. 10, № 4. S. 73–79. [in Russian]

31. Madzhd S. M., Kulynych Ya. Y. Naukova metodolohiia otsiniuvannia ekolohonebezpechnykh ryzykiv funktsionuvannia tekhnohenko-zminenykh vodnykh ekosystem. *Visnyk KrNU im. Mykhayla Ostrohradskoho*. 2017. № 4. S. 88–95. [in Ukrainian]
32. Maltsev V. I., Karpova H.O., Zub L.M. Vyznachennia iakosti vody metodamy bioindykatsii : nauk.-metod. posib. Kyiv : Naukovyi tsentr ekomonitorynhu ta bioriznomanittia mehapolisu NAN Ukrainy, Instytut ekolohii NETs Ukrainy, 2011. 112 s. [in Ukrainian]
33. Megarpan E. Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie. M. : Mir, 1992. 173 s. [in Russian]
34. Nadtochiy P. Enerhetyka orhanichnoi rehovyny gruntu – osnova stiykosti yoho funktsionuvannia iak vidkrytoi ekosystemy. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2014. № 2 (1). S. 21–37. [in Ukrainian]
35. Nikanorov A. M., Khoruzhaia T. A. Global'naia ekologiia : uchebnoe posobie. M., 2000. 304 c. [in Russian]
36. Odinkova K. D., Primak E. A. Sravnitel'naia integral'naia otsenka ustoychivosti antropogenno-transformirovannogo vodoema k izmeneniiu parametrov estestvennogo i antropogenno rezhimov. *Trudy III Vserossiyskoy konferentsii «Gidrometeorologiya i ekologiia: dostizheniia i perspektivy razvitiia»*. SPb. : KhIMIZDAT, 2019. S. 661–664. [in Russian]
37. Odum Iu. Osnovy ekologii. M. : Mir, 1975. 740 s. [in Russian]
38. Pavlenko M. Yu., Matsokin L. V., Shurda K. E., Mal'ovana A. O., Kotel'nikova Yu. O. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Rozrobka metodolohii ta metodychnoho zabezpechennia ekolohichnykh ryzykiv morehospodars'koi diial'nosti». Etap 1. Rozrobka metodolohii otsinky ekolohichnykh ryzykiv morehospodars'koi diial'nosti (promizhnyy). Odesa: UkrNTsEM, 2019. 90 s. [in Ukrainian]
39. Pysanko Ya. I. Osoblyvosti strukturno-funktsionalnoi orhanizatsii tekhnohenko zminenoj vodnoi ekosystemy hyrlovoi dilianky richky Irpin. : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : spets. 21.06.01 Ekolohichna bezpeka. Kyiv. 26 s. [in Ukrainian]
40. Primak E. A. Integral'naia otsenka ustoychivosti rayonov Ladozhskogo ozera k izmeneniiu parametrov estestvennogo i antropogenno rezhimov. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. 2009. Ser. 7. Vyp. 3. S. 151–159. [in Russian]
41. Rybalova O. V. Kompleksnyi pidkhid do vyznachennia ekolohichnoho stanu baseyniv malykh richok. *Problemy okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha ta tekhnohenko bezpeky : zb. nauk. pr. UkrNDIEP*. Vyp. KhKhKh. Kharkiv, 2010. S. 88–98. [in Ukrainian]
42. Teteriuk L. V., Dymova O. V., Golovko T. K. Morfofiziologicheskije i populiatsionnye adaptatsii Ajuga reptans L. na severnoy granitse areala. *Ekologiia*. 2001. № 3. S. 209–216. [in Russian]
43. Tkachenko M. E. Obsheche lesovodstvo. M.; L., 1955. 599 s. [in Russian]
44. Udod V. M., Vildman I. L. Vazhki metaly iak zabrudniuvachi vodnoi systemy r.Inhulets. *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliky*. 2014. Vyp. 24. S. 22–26. [in Ukrainian]
45. Udod V. M., Madzhd S. M., Kulynych Ya. I. Rehionalni osoblyvosti strukturno--funktsionalnoi orhanizatsii rozvytku tekhnohenko zminenykh vodnykh ekosystem. *Visnyk KrNU im. Mykhayla Ostrohradskoho*. 2017. № 3. S. 93–99. [in Ukrainian]
46. Udod V. M., Vil'dman I. L., Zhukova E. G. Rozrobotka sovremennykh biotsenoticheskikh metodov kontrolya ekologicheskogo sostoianiiia gidroekosistem rek. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*. Khar'kov, 2014. Vip. 5/10 (71). S. 4–11. [in Russian]
47. Udod V. M., Vildman I. L. Naukove obruntuvannia vykorystannia pokaznyka asimiliatsiynoho potentsialu ta asimiliatsiynoi iemnosti dlia ekolohichnoi otsinky stanu HE richok. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 2014. Vyp. 16. S. 81–92. [in Ukrainian]
48. Ukrainskyy V. V., Komorin V. M., Komarova L. H. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu kompleksna otsinka vplyvu pryrodnykh ta antropohennykh faktoriv na stan morskoho seredovyscha Ukrainy. Odesa, 2018. Tom V. 102 s. [in Ukrainian]
49. Fedoniuk T. P., Vlasova O. V. Morfohenetychnyi analiz stabilnosti rozvytku vodnykh makrofitiv v korotkotermynovomu biomonitorynhu vodnykh ekosystem Polissia Ukrainy. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 2018. № 1. S. 90–97. [in Ukrainian]

50. Shcherbak V. I., Semeniuk N. Ie. Fitoplankton iak pokaznyk stupeniu urbanizatsii vnutrishnikh vodoy m. Kyieva. *Zbirnyk naukovykh prats UkrNDHMI*. 2003. № 251. S. 156–162. [in Ukrainian]
51. Yuzevych V. M., Bondar H. Yu. Kryterii ekolohichnoi stiykosti v ozeroznavstvi. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*. 2021. 4 (1). S. 154–160. [in Ukrainian]
52. Yavorsky V. Yu. Makrozoobentos nezarehulovanoi rivnynoi richkovoii systemy (na prykladi baseynu Desny) : 03.00.17 – hidrobiolohiia : dys. ... kand. bioloh. nauk. Kyiv, 2016. 190 s. [in Ukrainian]
53. Iakushko O. F., Novik A. A. Problemy ekologicheskoy ustoychivosti lednikovykh lozhbinnykh ozer Belorusskogo Poozer'ia. *Vestnik BGU*. 2005. № 1. S. 55–59. [in Russian]
54. Adamovich B. V., Medvinsky A. B., Nikitina L. V. et al. Relations between variations in the lake bacterioplankton abundance and the lake trophic state: Evidence from the 20-year monitoring. *Ecological Indicators*. 2019. V. 97. P. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.049>
55. Guo H. D., Shao J. L et al. Urban Water Resources Carrying Capacity Based on Pressure-State-Response Model. *Water Resources Protection*, 2009. № 25 (2) P. 46–49.
56. Imberger J., Patterson J.C. Physical limnology. *Advances in Applied Mechanics*. 1990. V. 27. P. 303–475.
57. Krebs C. J. Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. New York : Harper and Row, 1978. 678 p.
58. Makar'eva A. M., Gorshkov V. G. The Forest Biotic Pump of River Basins. *Russian Journal of Ecology*. 2008. Vol. 39. № 7. P. 537–540.
59. Mal T. K., Adorjan P., Corbett A. L. Effect of copper on growth of an aquatic macrophyte, *Elodea canadensis*. *Environmental Pollution*. 2002. № 120 (2). P. 307–311. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1067413608070114>
60. Muxika I., Borja A., Bonne W. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*. 2005. Vol. 5, Issue 1. P. 19–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.08.004>
61. Parsons P. A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological reviews*. 1990. Vol. 65, №. 2. P. 131–145. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.1990.tb01186.x>
62. Verheyen K., Hermy M. Recruitment and growth of herb-layer species with different colonizing capacities in ancient and recent forests. *J. Veget. Sci*. 2004. Vol. 15. P. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02245.x>
63. Winter C., Lehmann S., Diekmann M. Determinants of reproductive success: A comparative study of five endangered river corridor plants in fragmented habitats. *Biological conservation*. 2008. Vol. 141. P. 1095–1101.

¹I. L. Sukhodolska, ²V. V. Grubinko

¹Rivne State University of Humanities, Ukraine

²Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

FUNDAMENTAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF WATER ECOSYSTEMS STABILITY

The study presents a generalization of the approaches to the assessment of ecosystems stability and fragility. The paper demonstrates the significant components that characterize the violation of water ecosystem stability and are presented with the change of abiotic and biotic indicators. The author defines stability according to the indexes that characterize indicators of salt composition, trophic and saprobe biological composition and toxic effect, environmental impact, ecological capacity, technical capacity, ecological reserves, effectiveness of the mechanism of constructive metabolism of chemical compounds, population carrying capacity, population capacity, trophic status, coefficient of water self-restoring, comparing the indicators with statutory meanings, complex biocoenotic criteria, and levels of compensation mechanism of water biotic self-regulation as well. Provided that the natural variability amplitude of hydrobionts is presented with supersensitive indicators, they depict the state

of balance and ecosystems violations. Biota's reaction is revealed with the changes of species wealth, species number, biomass, net primary production, succession phases (series) of grouping, morphogenesis, ontogenesis, vitality, structure, correlations with strategy types (S/R), interspecies relations etc. The use of integral approaches that include the range of stated indicators enables to develop equal ecosystem loads, identify or model biota's reaction according to this influence and define relative stability of water objects.

Keywords: ecological capacity, ecosystem stability, succession, biotic self-regulation.

Надійшла 05.07.2021.

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

УДК: 611.018 (092) (477.84)

doi: 10.25128/2078-2357.21.3.9

О. С. ВОЛОШИН, В. В. ГРУБІНКО, Н. М. ДРОБИК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: voloshyn@tntpu.edu.ua

ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ТАЛАНОВИТОГО ПЕДАГОГА І НАУКОВЦЯ ІВАНА ВАСИЛЬОВИЧА ШУСТА

У статті висвітлено основні етапи біографії, наукової і педагогічної діяльності доктора біологічних наук, професора Шуста Івана Васильовича – українського гістолога, педагога, багаторічного завідувача кафедри анатомії і фізіології людини і тварин (1971–1991 роки) Тернопільського державного педагогічного інституту. Описано етапи становлення І. В. Шуста як особистості, дослідника і педагога, проаналізовано наукові досягнення вченого, його організаційні і творчі здобутки. Зазначено, що активна педагогічна і навчально-методична робота професора І. В. Шуста є значним внеском у становлення і розвиток біологічної освіти на рівні вищої школи в Україні.

Ключові слова: гістологія, експериментальна біологія, українські морфологи, Тернопільський державний педагогічний інститут.



У 2021 році виповнюється 100 років з дня народження професора Івана Васильовича Шуста – першого доктора біологічних наук на Тернопіллі, першого професора Тернопільського державного педагогічного інституту. Колеги згадують про Івана Васильовича Шуста як про високоерудованого професіонала, талановитого вчителя, людину з різносторонніми інтересами в мистецтві, приємного співрозмовника [1]. Однак, формуванню особистості майбутнього науковця передували цілий ряд подій, серед яких – і участь у Другій світовій війні.

Іван Шуст народився 19 вересня 1921 року в с. Красносільці Збарзького району на Тернопільщині, здобувати освіту розпочав у педагогічному технікумі, а згодом продовжив у вчительській семінарії. Працював у школі, служив в армії. Під час Другої світової війни молодому бійцю І. Шусту судилось побувати у Приморському краї, Криму, Верхній Сілезії, Відні. Після демобілізації повертається на малу батьківщину, до рідної домівки. Та нестримний потяг до знань не дозволив надовго залишитись на обійсті батьків: Іван Шуст вступає до Львівського зооветеринарного інституту. Талановитий молодий чоловік вчиться дуже успішно і закінчує

навчання в інституті з відзнакою, що сприяло отриманню пропозиції залишитись на кафедрі анатомії і гістології Львівського зооветеринарного інституту в якості асистента кафедри. Молодому викладачу пощастило опинитись серед учнів видатного професора С. Г. Гжицького. Професор став науковим керівником кандидатської дисертаційної роботи І. Шуста, яку молодий викладач успішно виконує і захищає [6]. Яскраво виражене бажання вчитись, схильність до пізнання у молодого Івана Шуста поєднались з дуже сприятливими умовами для наукового розвитку, які існували у Львівському зооветеринарному інституті. На той час там працювали видатні вчені: патофізіолог, професор В. Морачевський, біохімік, професор С. З. Гжицький (був учнем В. Морачевського), фармаколог, професор В. А. Скворонський, гістолог, професор З. З. Зеліковська, порівняльну анатомію свійських тварин викладали професор О. Є. Пахоменко і доцент Р. В. Білозір [10].

Поєднання покликання до наукової і педагогічної роботи та бажання допомагати батькам зумовили наступний біографічний крок у житті Івана Васильовича – він переїжджає до Тернополя і починає викладати у Тернопільському державному медичному інституті. Вирізняли Івана Васильовича класична манера викладання, значний рівень фахових знань, постійна робота над собою та активна наукова діяльність, результатом якої стало виконання і захист докторської дисертації. Наполеглива праця і професіоналізм, участь в організаторській роботі сприяли призначенню І. В. Шуста на посаду проректора з наукової роботи Тернопільського медичного інституту. Працьовитість та ініціативність Івана Васильовича, результати його роботи на посаді проректора з наукової роботи отримали схвальний відгук з боку Міністерства охорони здоров'я [6].

У 2016 році, з нагоди 95-річного ювілею І. В. Шуста представники Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського, зокрема проректор з наукової роботи, професор Іван Кліщ, працівники профкому та навчального відділу від імені адміністрації університету привітали колишнього проректора з наукової роботи ТДМУ і довгожителя. А професор Шуст на знак подяки передав у подарунок ректору ТДМУ, професору Михайлу Корді, книгу своїх спогадів і власного поетичного доробку. У привітанні від імені колективу Тернопільського медичного університету згадується про непростий життєвий і творчий шлях ювіляра, його участь у Другій світовій війні, багаторічну невтомну працю Івана Васильовича, його авторитет як вченого-морфолога, педагога й наставника молоді. З вдячністю згадали про роки плідної праці у Тернопільському державному медичному інституті впродовж 1958–1971 рр. від асистента кафедри до доктора біологічних наук, професора кафедри гістології, його роботу заступником декана лікувального факультету, а згодом - проректора з наукової роботи. Було зазначено, що у науковому доробку професора І. В. Шуста 200 наукових і навчально-методичних публікацій (з них 2 англійські), серед них - 4 монографії, членство у спеціалізованій вченій раді із захисту дисертацій при медичному університеті у 1999–2001 роках. Іван Васильович був науковим керівником доктора біологічних наук і 5 кандидатів наук. Відзначили також його ерудованість, інтелігентність, працездатність, педагогічний талант і чуйність, що заслуговують бути прикладом для інших [5].

Однак, найбільш тривалий проміжок трудової діяльності Івана Васильовича Шуста пов'язаний з Тернопільським державним педагогічним інститутом (ТДПІ), а згодом університетом. Кафедра анатомії і фізіології людини та тварин утворена у 1969 році внаслідок переведення до м. Тернополя Кременецького педагогічного інституту. І вже у 1971 році професору І. Шусту запропонували очолити новостворену кафедру в Тернопільському педагогічному інституті [3]. Протягом наступних років під керівництвом Івана Васильовича було закладено фундамент науково-педагогічних та методичних оновлень і впроваджень, здійснено розробку інтерактивних методів навчання, створені умови для залучення студентів до наукової роботи. Із введенням в експлуатацію головного корпусу інституту у 1977 році для приміщень кафедри анатомії і фізіології людини та тварин, керованої І. В. Шустом, було надано значну частину четвертого поверху. Завідувач кафедри разом з її працівниками доклали істотних зусиль для створення музею анатомії людини та ембріології, лабораторії кафедри було забезпечено аудіо- та відеотехнікою, проектною апаратурою та наборами відповідних

навчальних слайдів. Згодом на базі кафедри за активної участі Івана Васильовича були сформовані наукові лабораторії для гістохімічних і електронно-мікроскопічних досліджень. У доробку Івана Васильовича як досвідченого науковця - керівництва підготовкою кандидатських дисертацій викладачів Тернопільського педагогічного інституту: І. М. Костинника, С. І. Галантюка, В. Г. Авраменка, М. О. Губернаторова.

І. В. Шуст мав виражене покликання до наукової роботи. У 70-их роках у тісній співпраці з викладачами ТДМІ, зокрема, Анатолієм Івановичем Локаєм, Іван Васильович активно займався дослідженнями структурних змін і регенераторних процесів у ряді органів за умов отруєння блідою поганкою [4, 7]. У наступних роках, працюючи в Тернопільському педагогічному інституті, професор І. В. Шуст разом з очолюваним колективом кафедри працював над дослідженням реакції тканин на вплив сильного постійного магнітного поля [8], аналізом змін ультраструктурної організації молочних залоз за умов різних впливів [11, 12, 13], структурних змін міокарду білих щурів в умовах адаптації до фізичних навантажень [9].

Активна наукова робота кафедри була належним чином оцінена Міністерством освіти Української РСР і у 1975 році кафедра визнана як опорна з науково-методичної роботи серед аналогічних за профілем кафедр педагогічних інститутів України. Питання організації науково-методичної роботи Іван Васильович висвітлював за участі колег з інших вищих навчальних закладів на Всеукраїнських методичних нарадах у 1982 і 1984 роках. У 1984 році професор І. В. Шуст був нагороджений грамотою Міністерства освіти України за високий рівень науково-методичної роботи. Свій багаторічний досвід педагогічної роботи Іван Васильович використав у розробці і впровадженні модульних принципів організації навчального процесу. Як педагог, І. В. Шуст вважав, що завдяки принципу етапності у викладанні дисципліни досягається певна повторюваність у навчанні. При цьому на першому етапі студентам варто подавати загальний огляд конкретного розділу з метою ознайомлення, а вже пізніше - здійснювати повторення цього матеріалу вже з конкретизацією і акцентуванням на можливостях його практичного застосування [2]. У 90-их роках у контексті нових завдань перед сучасною вищою освітою України на кафедрі значну увагу надавали оновленню методологічної компоненти навчально-виховної роботи [3].

Іван Васильович належав до категорії людей, спілкування з якими збагачує і в професійному, і в культурному плані. Фахівець-морфолог, він був також талановитим вчителем, викладачем, вихованцем молоді. Прожив довге і щасливе подружнє життя, був чудовим сім'янином, дбайливим чоловіком і батьком. Двоє його синів здобули вищу медичну освіту і працюють за фахом. Перший професор Тернопільського державного педагогічного інституту, перший доктор біологічних наук на Тернопіллі І. В. Шуст пішов у засвіти 9 квітня 2017 року на 96-му році життя. Своєю педагогічною, науковою і навчально-методичною роботою Іван Васильович Шуст зробив вагомий внесок у становлення і розвиток української педагогічної і наукової школи.

1. Галантюк С. І., Яковлев В. О. До 85-річчя від дня народження Івана Васильовича Шуста. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія*. 2006. Вип. 2 (29). С. 158–159.
2. Грубінко В. В., Страшнюк Н. М., Феник С. Й., Шуст І. В. Кафедра загальної біології. 1971–2001. Тернопіль, 2001. 87 с.
3. Історія кафедри. URL <http://tnpu.edu.ua/faculty/himbio/zagbiology.php> (дата звернення: 9.07.2021).
4. Локай А. И., Шуст И. В., Богачик Л. И. Структура и функция коры надпочечников при отравлении бледной поганкой. *Вопр. питання*. 1974. № 1. С. 60–64.
5. У ТДМУ привітали з 95-літтям колишнього працівника. URL <https://www.tdmu.edu.ua/2016/09/21/utdmu-pruvitaly-z-95-littjam-kolyshnogo-pratsivnyka/> (дата звернення: 9.07.2021).
6. Чабан С., Грубінко В., Дробик Н. Вчити – значить вселяти надію: до 95-річчя від дня народження Івана Васильовича Шуста. *Вільне життя*. 2016. 7 жовт. (№ 79). С. 1.
7. Шуст И. В., Локай А. И. Деструктивные и репаративные процессы в печени после отравления бледной поганкой. *Архив патологии*. 1971. № 10. С. 35–38.
8. Шуст И. В., Костынык И. М. Реакция коры надпочечной железы животных на воздействие сильного постоянного магнитного поля и гипомангнитной среды. *Проблемы эндокринологии*. М., 1976. Т. 22. С. 86–92.

9. Шуст И. В., Багнюк К. А., Галантюк С. И., Мороз М. М., Грицок Т. В. Морфофункциональные изменения в миокарде растущих белых крыс в процессе адаптации к физическим нагрузкам при применении некоторых тонизирующих веществ. *Актуальные вопросы морфологии*. Тезисы докладов II съезда АГЭ и топографоанатомов УССР. Полтава, 1985. С. 17–18.
10. Шуст І. В. Три зустрічі з С. А. Сморгочком. *Актуальні питання морфології*: матеріали міжнародної конференції, присвяченої пам'яті академіка, лауреата Державної премії України, професора Сморгочка Сергія Андрійовича; 6–7 травня 1996 р. Тернопіль : «Поліграфіст». 1996. Т. 1. С. 20–22.
11. Шуст І. В. Гістофізіологічні взаємодії між лактоцитами і мікрогемосудинами в секреторному процесі. *Наукові записки Тернопільського педуніверситету. Серія «Біологія»*. 1998. Т. 2 (4). С. 75–78.
12. Шуст І. В., Цимбал Н. М., Шуст І. І. Електронно-мікроскопічні зміни в молочній залозі лактуючих самок при іритаційних впливах. *Вплив субекстремальних факторів на організм людини і тварин*. Тернопіль, 1994. С. 103–107.
13. Шуст І. В., Шуст І. І. Субмікроскопічні зміни в лактоцитах при аптоптозі. *Наукові записки з питань медицини, біології, хімії, аграрії та сучасних технологій навчання*. Київ, 1997. Вип. 1. Ч. 2. С. 562–564.

References

1. Halantiuk S. I., Yakovliev V. O. Do 85-richchia vid dnia narodzhennia Ivana Vasylovycha Shusta. *Naukovi zapysky TNPU im. V. Hnatiuka. Ser. Biolohiia*. 2006. Vyp. 2 (29). S. 158–159. [in Ukrainian]
2. Hrubinko V. V., Strashniuk N. M., Fenyk S. Y., Shust I. V. Kafedra zahalnoi biolohii. 1971–2001. Ternopil, 2001. 87 s. [in Ukrainian]
3. Istoriia kafedry. URL <http://tnpu.edu.ua/faculty/himbio/zagbiology.php> (data zvernennia: 9.07.2021). [in Ukrainian]
4. Lokay A. Y., Shust Y. V., Bohachyk L. Y. Struktura y funktsiia koru nadpochechnykov pry otravleny blednoy pohankoy. *Vopr. pytania*. 1974. No 1. S. 60–64. [in Russian]
5. U TDMU pryvitaly z 95-littiam kolyshnoho pratsivnyka. URL <https://www.tdmu.edu.ua/2016/09/21/u-tdmu-pryvitaly-z-95-littiam-kolyshnogo-pratsivnyka/> (data zvernennia: 9.07.2021). [in Ukrainian]
6. Chaban S., Hrubinko V., Drobyk N. Vchyty – znachyt vseliaty nadiiu: do 95-richchia vid dnia narodzhennia Ivana Vasylovycha Shusta. *Vilne zhyttia*. 2016. 7 zhovt. (No 79). S. 1. [in Ukrainian]
7. Shust Y. V., Lokay A. Y. Destruktyvne y reparatyvne protsessy v pecheny posle otravleniia blednoy pohankoy. *Arkhyv patolohyy*. 1971. No 10. S. 35–38. [in Russian]
8. Shust Y. V., Kostunnuk Y. M. Reaktsiia koru nadpochechnoy zhelezu zhyvotnykh na vozdeystviye syl'noho postoiannoho mahnytnoho polia y hypomahnytnoy sredy. *Problemy endokrynolohyy*. M., 1976. T. 22. S. 86–92. [in Russian]
9. Shust Y. V., Bahniuk K. A., Halantiuk S. Y., Moroz M. M., Hrytsiuk T. V. Morfofunktsional'nye yzmeneniia v myokarde rastushchykh belukh krus v protsesse adaptatsyy k fizycheskym nahruzkam pry pryimenenyy nekotorykh tonyzuyushchykh veshchestv. *Aktual'nye voprosy morfologyy*. Tezysu dokladov II sezda AHE y topografoanatomov USSR. Poltava, 1985. S. 17–18. [in Russian]
10. Shust I. V. Try zustrichi z S. A. Smorghchkom. *Aktualni pytannia morfologii*: materialy mizhnarodnoi konferentsii, prysviachenoї pamiaty akademika, laureata Derzhavnoi premii Ukrainy, profesora Smorghchka Serhiia Andriyovycha; 6–7 travnia 1996 r. Ternopil : «Polihrafist». 1996. T. 1. S. 20–22. [in Ukrainian]
11. Shust I. V. Histofizioloģichni vzaemodii mizh laktotsytamy i mikrohemosudynamy v sekretornomu protsesi. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho peduniversytetu. Seriya «Biolohiia»*. 1998. T. 2 (4). S. 75–78. [in Ukrainian]
12. Shust I. V., Tymbal N. M., Shust I. I. Elektronno-mikroskopichni zminy v molochniy zalozy laktuiuchykh samok pry iryatsiynykh vplyvakh. *Vplyv subekstremal'nykh faktoriv na orhanizm liudyny i tvaryn*. Ternopil, 1994. S. 103–107. [in Ukrainian]
13. Shust I. V., Shust I. I. Submikroskopichni zminy v laktotsytakh pry aptoptozi. *Naukovi zapysky z pytan medytsyny, biolohii, khimii, ahrarii ta suchasnykh tekhnolohiy navchannia*. Kyiv, 1997. Vyp. 1. Ch. 2. S. 562–564. [in Ukrainian]

O. S. Voloshyn, V. V. Hrubinko, N. M. Drobyk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

DEDICATED TO THE 100TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF A TALENTED TEACHER AND SCIENTIST IVAN VASYLIOVYCH SHUST

The article deals with the 100th anniversary of the birth of Professor Ivan Vasyliovych Shust, the first doctor of biological sciences in Ternopil, the first professor of the Ternopil State Pedagogical Institute. The article presents the main points of the biography of I.V. Shust, describes his qualities as a researcher and teacher, analyses the scientific achievements of the scholar, his organizational and creative skills. Active pedagogical and educational-methodical work of professor I. Shust is a significant contribution to the formation and development of biological education at the level of higher education in Ukraine.

Ivan Shust was born on September 19, 1921 in the village of Krasnosiltsi, Zbarazh district, Ternopil region, studied at the pedagogical college, and later at the teacher's seminary. Later he worked as a teacher at school and served in the army. He graduated from the Lviv Zoo Veterinary Institute. The young Ivan Shust studies very successfully at the institute, graduates with honours and receives an offer to stay at the Department of Anatomy and Histology of the Lviv Zoo Veterinary Institute as an assistant of the department. The desire to be closer to his parents and a favorable opportunity led Ivan Vasyliovych to move to Ternopil, where he began teaching at the Ternopil State Medical Institute. Ivan Vasyliovych was distinguished by his classical manner of teaching, and a significant level of professional knowledge. The propensity for scientific activity eventually culminated in the completion and defense of a doctoral dissertation. Active participation in the research work of the Ternopil Medical Institute contributed to the appointment of I. Shust to the position of Vice-Rector for Research [1, 6].

The main period of professional activity of Professor I. Shust is associated with the Ternopil State Pedagogical Institute, and later the university. In 1971, Professor Shust was offered to head the recently created Department of Anatomy and Physiology of Human and Animals at the Ternopil Pedagogical Institute. As the head of the department, Ivan Vasyliovych worked on the creation and development of the foundation of scientific, pedagogical updates, interactive teaching methods, creating conditions for student research. Scientific laboratories for histochemical and electron microscopic studies were formed based on the department, with the active participation of Ivan Shust [3].

The first doctor of biological sciences in Ternopil, the first professor of the Ternopil State Pedagogical Institute, Ivan Shust lived a long, eventful life and passed away on April 9, 2017. With his pedagogical, scientific and educational-methodical work, Professor Shust made a significant contribution to the development of the Ukrainian pedagogical and scientific school.

Keywords: histology, experimental biology, Ukrainian morphologists, Ternopil Pedagogical Institute.

Надійшла 25.08.2021.