

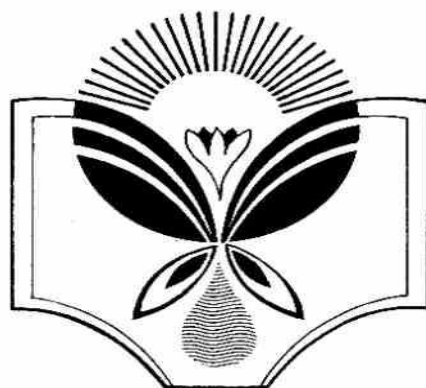


# **Наукові записки**

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

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

**Спеціальний випуск  
«ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ —  
TERNOPIL BIOSCIENCE – 2017»**



**1 (68)  
2017**

*Друкується за рішенням вченої ради  
Тернопільського національного педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка  
від 28.03.2017 р. (протокол № 9)*

### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

<b>М. М. Барна</b>	доктор біологічних наук, професор ( <i>головний редактор</i> ) (Україна)
<b>К. С. Волков</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>В. В. Грубінко</b>	доктор біологічних наук, професор ( <i>заступник головного редактора</i> ) (Україна)
<b>Н. М. Дробик</b>	доктор біологічних наук, професор ( <i>заступник головного редактора</i> ) (Україна)
<b>В. З. Курант</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>О. Б. Мацюк</b>	кандидат біологічних наук ( <i>відповідальний секретар</i> ) (Україна)
<b>В. І. Парпан</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>О. Б. Столяр</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)
<b>В. Р. Челак</b>	доктор біологічних наук, професор (Молдова)
<b>Макаї Шандор</b>	доктор габілітований, професор (Угорщина)
<b>І. В. Шуст</b>	доктор біологічних наук, професор (Україна)

Коректори:	Т.П. Мельник Т.І. Белей
Комп'ютерна верстка:	Г.М. Голіней

*Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія:*  
1. *Входять до переліку наукових фахових видань ВАК України*  
*Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.*  
2. *У 2010 р. зареєстровані у Європейському інформаційному центрі*  
*періодичних видань (Франція) з наданням ISSN 2078-2357.*  
3. *Включені до наукометричної бази даних:*  
*Index Copernicus з ICV 2015: 45.81.*  
*Directory of Research Journals Indexing.*  
*Journal Factor.*  
*Open Academic Journals Index.*  
*Scientific Indexing Services.*  
*Google Scholar.*  
4. *У березні 2016 р. пройшли переатестацію на новий п'ятирічний*  
*період (наказ МОН України № 241 від 09.03.2016 р., позиція № 82).*

*Published by the decision of the Academic Council  
of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University  
from 28 March 2017 (protocol № 9)*

### **EDITORIAL BOARD:**

<b>M. M. Barna</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Editor-in-Chief) (Ukraine)
<b>K. S. Volkov</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>V. V. Hrubinko</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Deputy Editor) (Ukraine)
<b>N. M. Drobyk</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Deputy editor) (Ukraine)
<b>V. Z. Kurant</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>O. B. Matsiuk</b>	Candidate of Biological Sciences (Responsible secretary) (Ukraine)
<b>V. I. Parpan</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>O. B. Stoliar</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
<b>V. R. Chelak</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Moldova)
<b>Makaii Shandor</b>	Dr. habil., Professor (Hungary)
<b>I. V. Shust</b>	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)

Copy editors:	T.P. Melnyk T.I. Beley
Computer editing:	H.M. Holinei

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

*1. Registration with the professional body of the Supreme Attestation Commission of Ukraine:*

*Certificate KB № 15884-4356P, October 27, 2009.*

*2. Registration with European Information Center (France, 2010), ISSN 2078-2357.*

*3. Abstracted and indexed in:*

*Index Copernicus with ICV 2015: 45.81.*

*Directory of Research Journals Indexing.*

*Journal Factor.*

*Open Academic Journals Index.*

*Scientific Indexing Services.*

*Google Scholar.*

*4. 5-yearre-registration: order № 241 of the Ministry of Education  
and Science of Ukraine of March 09, 2016, item 82.*

## ЗМІСТ

### ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА

НАУКОВІ ЗАПИСКИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА.  
СЕРІЯ: БІОЛОГІЯ: СТАНОВЛЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
(до 20-річчя з нагоди заснування)\* ..... 8

### БОТАНІКА

О. Д. АНДРІЄНКО, А. І. ОПАЛКО, О. А. ОПАЛКО

ВОДНИЙ РЕЖИМ ЛИСТКІВ ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ  
РОДУ *AMELANCHIER* MEDİK ..... 20

М. М. БЕЛІНСЬКА, Б. Є. ЯКУБЕНКО

ГІДРОЛОГІЧНИЙ ЗАКАЗНИК «ТЕРЕБІЖІ» КЛЮЧОВА ТЕРИТОРІЯ  
ЗБЕРЕЖЕННЯ МІСЦЕЗРОСТАНЬ *CAREX BOHEMICA* SCHREB.  
ТА ІНШИХ РАРИТЕТІВ НПП «МАЛЕ ПОЛІССЯ» ..... 25

І. В. БЕСАРАБЧУК, С. О. ВОЛГІН

МІСЦЕЗРОСТАННЯ *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ  
НА ТЕРИТОРІЇ М. ЛУЦЬКА ..... 29

С. М. БІЛЯВСЬКИЙ, С. С. МОРОЗІЮК

УРБАНОФЛОРА М. БІЛА ЦЕРКВА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ  
(СИСТЕМАТИЧНИЙ ТА БІОМОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ) ..... 35

G. BUDNIKOV

LIFE CYCLE OF *GALANTHUS NIVALIS* L. .... 40

П. А. БУЗУНКО

ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА ПРИУРОЧЕНОСТЬ *PRIMULA VERIS* L.  
У СНОВСЬКО-СЕМЕНІВСЬКОМУ ГЕОБОТАНІЧНОМУ РАЙОНІ  
ТА ЇЇ РОЗМНОЖЕННЯ EX SITU ..... 48

Л. П. ІЩУК, Н. О. СМОЛЯР

СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОДУКТИВНІСТЬ І СОЗОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ  
КОРІННИХ ВЕРБОВО-ТОПОЛЕВИХ УГРУПОВАНЬ У ПОНІЗЗІ  
РІЧКИ ВОРСКЛИ ..... 52

Б. Є. ЯКУБЕНКО, А. М. ЧУРІЛОВ

НЕОБХІДНІСТЬ ЗАПОВІДАННЯ ДІЛЯНОК ОСТЕПНЕНИХ ЛУКІВ УРОЧИЩА  
«ВЕЛИКОСАЛТАНІВСЬКА БАЛКА» В МЕЖАХ СТУГНЕНСЬКОГО  
ПРИРОДНОГО КОРИДОРУ (КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ, УКРАЇНА) ..... 59

### БІОТЕХНОЛОГІЯ

Г. Б. ВІНЯРСЬКА, О. І. БОДНАР, Н. В. БУРЕГА, А. О. ПАЛЬЧИК,

О. О. КАНТИЦЬКА, Л. А. ОНУФРІЙЧУК

КУЛЬТИВУВАННЯ *CHLORELLA VULGARIS* У ФОТОБІОРЕАКТОРІ  
НЕПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ПІД ВПЛИВОМ СОНЯЧНОЇ ІНСОЛЯЦІЇ ..... 67

Л. Р. ГРИЦАК, В. М. МЕЛЬНИК, І. І. КОНВАЛЮК, Н. Б. КРАВЕЦЬ,

М. З. МОСУЛА, Н. М. ДРОБИК

МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ ВИДІВ РОДУ *GENTIANA* L.  
ФЛОРИ УКРАЇНИ ..... 74

### ГІДРОБІОЛОГІЯ

В. М. МАРЦЕНЮК, О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ

АДАПТИВНА БІОХІМІЧНА ВІДПОВІДЬ КОРОПА ТА ОКУНЯ НА ДІЮ  
ПІДВИЩЕНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВОДИ ..... 83

О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ, Ю. М. ХУДІЯШ, М. В. ПРИЧЕПА

ОСОБЛИВОСТІ ПРИСТОСУВАННЯ РИБ ДО ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ І  
МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ВМІСТУ ТРИЙОДТИРОНІНУ,  
КОРТИЗОЛУ І ГЛЮКОЗИ У ПЛАЗМІ КРОВІ ..... 89

## ЗМІСТ

О. О. РАБЧЕНЮК, В. О. ХОМЕНЧУК, Б. З. ЛЯВРІН, В. З. КУРАНТ НАКОПИЧЕННЯ ФЕРУМУ В ОРГАНІЗМІ ПРІСНОВОДНИХ РИБ ЗА ЙОГО ПІДВИЩЕНОГО ВМІСТУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	96
І. В. ЮРЧАК МЕТАЛ-ДЕПОНУВАЛЬНА ФУНКЦІЯ МЕТАЛОТІОНЕЇНІВ БЕЗЗУБКИ <i>ANODONTA ANATINA</i> (LINNAEUS, 1758) ЗА ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ .....	101
<b>ЕКОЛОГІЯ</b>	
А. І. ГЕРЦ, О. Б. КОНОНЧУК ЗМІНА ДЕЯКИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН <i>PHASEOLUS</i> <i>VULGARIS</i> L. ЗА РІЗНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАНОМОЛІБДЕНУ.....	106
В. В. ГУЛАЙ ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЗАЄМОДІЙ МІЖ ПРЕДСТАВНИКАМИ КЛАСУ ПАПОРОТЕВИДНІ ТА ПАТОГЕННИМИ ЛЕПТОСПИРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ .....	115
К. С. КОРОБКОВА, Т. В. ЗАТОВСЬКА ВПЛИВ РИЗОБІЙ НА ПРОЯВ МІКОПЛАЗМОВОЇ ІНФЕКЦІЇ ЛЮЦЕРНИ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ.....	120
В. П. ПАТИКА, Л. В. КИРИЛЕНКО, О. О. АЛЕКСЄЄВ, О. М. ЗАХАРОВА, Т. Т. ГНАТЮК ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ, ФІТОПАТОГЕННИХ МІКРООРГАНІЗМІВ НА МІКРОБІОМ ҐРУНТУ РИЗОСФЕРИ І ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СІМБІОТИЧНОЇ СИСТЕМИ БУЛЬБОЧКОВІ БАКТЕРІЇ – СОЯ, КОЗЛЯТНИК .....	123
С. В. ПИДА, О. В. ТРИГУБА, О. В. ГУРСЬКА, І. С. БРОЩАК ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛЮПИНУ БІЛОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ .....	133
<b>ОГЛЯДИ</b>	
О. І. БОДНАР БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ: ОСНОВНІ НАПРЯМИ (ОГЛЯД).....	138
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ .....</b>	<b>147</b>
<b>АВТОРИ НОМЕРА .....</b>	<b>157</b>

## CONTENTS

### GENERAL ISSUES

- M. M. BARNA, L. S. BARNA  
SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK  
NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY. SERIES: BIOLOGY:  
ESTABLISHMENT AND PROSPECTS OF FURTHER DEVELOPMENT  
(dedicated to the 20th foundation anniversary) \* ..... 8

### BOTANY

- O. D. ANDRIENKO, A. I. OPALKO, O. A. OPALKO  
LEAF WATER STATUS OF *AMELANCHIER* MEDIK. ALIEN SPECIES ..... 20
- M. M. BELINSKA, B. E. YAKUBENKO  
HYDROLOGICAL RESERVE «TEREBIZHI» AS KEY AREA CONSERVATION  
HABITATS OF *CAREX BOHEMICA* SCHREB. AND OTHER CURIOSITIES NPP  
«MALE POLISSIA» ..... 25
- I. V. BESARABCHUK, S. O. VOLGIN  
THE HABITAT OF *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ ON THE TERRITORY  
OF LUTSK ..... 29
- S. M. BILIAVSKYI, S. S. MOROZIUK  
URBAN FLORA OF BILA TSERKVA TOWN OF KYIV REGION  
(SYSTEMATIC AND MORPHOLOGICAL ANALYSES) ..... 35
- Г. Б. БУДНІКОВ  
ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ *GALANTHUS NIVALIS* L. .... 40
- P. A. BUZUNKO  
ECOLOGICAL AND COENOTIC AFFINITY OF *PRIMULA VERIS* L.  
IN SNOVSKO-SEMENIVSKYI GEOBOTANICAL DISTRICT AND ITS  
CLONING EX SITU ..... 48
- L. P. ISHCHUK, N. O. SMOLIAR  
CURRENT STATUS, EFFICIENCY AND SOZOLOGICAL VALUE OF  
INDIGENOUS WILLOW-POPLAR GROUPS IN THE LOWER REACHES  
OF THE VORSKLA RIVER ..... 52
- B. YE. YAKUBENKO, A. M. CHURIOV  
NECESSITY TO CREATE PROTECTED AREAS ON SITES OF STEPPE-MEADOWS  
INTO THE "VELIKOSALTANIVSKA BALKA" STEPPE LANDSCAPE WITHIN  
THE STUHNA NATURAL CORRIDOR (KYIV REGION, UKRAINE) ..... 59

### BIOTECHNOLOGY

- H. B. VINIARSKA, O. I. BODNAR, N. V. BUREGA, A. O. PALCHYK,  
O. O. KANTYCKA, L. A. ONUFRIJCHUK  
CULTIVATION *CHLORELLA VULGARIS* IN PHOTOBIOREACTOR  
CONTINUOUSLY OF INFLUENCE SOLAR RADIATION ..... 67
- L. R. HRYTSAK, V. M. MEL'NYK, I. I. KONVALYUK, N. B. KRAVETS,  
M. Z. MOSULA, N. M. DROBYK  
MICROCLONAL PROPAGATION OF *GENTIANA* L. SPECIES FROM  
THE UKRAINIAN FLORA ..... 74

### HYDROBIOLOGY

- V. M. MARTSENIUK, A. S. POTROKHOV, O. G. ZINKOVSKYI  
ADAPTIVE BIOCHEMICAL RESPONSE CARP AND PERCH ACTION  
ON INCREASED WATER TEMPERATURE REGIME ..... 83
- A. S. POTROKHOV, O. G. ZINKOVSKIY, Y. N. HUDIYASH, N. V. PRICHEPA  
FEATURES ADAPTATION OF FISH TO A CHANGE OF TEMPERATURE  
AND SALINITY ON INDICATORS TRIIODOTHYRONINE, CORTISOL  
AND GLUCOSE CONTENTS IN PLASMA ..... 89

## CONTENTS

---

O. O. RABCHENYUK, V. O. KHOMENCHUK, B. Z. LYAVRIN, V. Z. KURANT THE ACCUMULATION OF IRON IN ORGANISM OF FRESHWATER FISHES UNDER HIS HIGH CONTENT IN WATER ENVIRONMENT.....	96
I. V. YURCHAK METAL-KEEPING FUNCTION OF METALLOTHIONEINS IN THE MUSSEL ANODONTA ANATINA UNDER THE EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE ORGANISM .....	101
<b>ECOLOGY</b>	
A. I. HERTS, O. B. KONONCHUK CHANGE OF PARTICULAR PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L. PLANTS BY DIFFERENT CONCENTRATION OF NANOMOLYBDENUM .....	106
V. V. HULAI PECULIARITIES OF ECOLOGICAL INTERACTIONS AMONG REPRESENTATIVES OF CLASS POLYPODIOPSIDA AND PATHOGENIC LEPTOSPIRES IN THE CONDITIONS OF WETLAND TERRITORIES. ....	115
K. S. KOROBKOVA, T. V. ZATOVSKA EFFECT OF RHIZOBIA ON THE MANIFESTATION OF MYCOPLASMA INFECTION IN ALFALFA UNDER LABORATORY CONDITIONS.....	120
V. P. PATYKA, L. V. KYRYLENKO, O. O. ALIEKSIEIEV, O. M. ZAKHAROVA, T. T. HNATYK INFLUENCE OF BIOLOGICAL PRODUCTS, PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISM ON THE MICROBIOM SOIL IN THE RHIZOSPHERE AND THE EFFICIENCY OF SYMBIOTIC SYSTEM ROOT NODULE BACTERIA – <i>SOYBEAN, GOAT'S-RUE</i> .....	123
S. V. PYDA, O. V. TRYHUBA, O. V. HURSKA, I. S. BROSHCHAK ECONOMIC VIABILITY AND BENEFITS OF BIOPRODUCTS USED FOR GROWING WHITE LUPINE IN WESTERN STEPPE OF UKRAINE .....	133
<b>REPORTS AND SURVEYS</b>	
O. I. BODNAR BIOTECHNOLOGICAL PROSPECT APPLYING OF MICROALGAE: MAIN TRENDS (REVIEW) .....	138
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	<b>147</b>
<b>AUTHORS FEATURED</b> .....	<b>157</b>

# ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

УДК 57.01 (051)

М. М. БАРНА, Л. С. БАРНА

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

## НАУКОВІ ЗАПИСКИ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА. СЕРІЯ: БІОЛОГІЯ: СТАНОВЛЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ (до 20-річчя з нагоди заснування)\*



Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» засновані у 1997 році. Протягом двадцяти років пройшли гідний шлях свого становлення та розвитку. Вони визнані в широких колах науковців інститутів

\*Примітка. Стаття підготовлена за матеріалами:

1. Барна М. М., Барна Л. С. Науковий фаховий журнал: становлення та значення для розвитку біологічної науки // *Наук. запис. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол.* — 2007. — № 1 (31). — С. 3—15.
2. Барна М. М., Барна Л. С. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія — науковий фаховий збірник / до 15-річчя заснування та видання // *Наук. запис. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол.* — 2012. — № 4 (53). — С. 105—112.



Відділення загальної біології НАН України, АМН, НАПН, УААН України, професорсько-викладацького персоналу університетів та інших вищих навчальних закладів України, а також серед зарубіжних учених. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія», включені до наукометричної бази даних «Index Copernicus». Це підвищило їх статус, що дозволить покращити якість наукових статей і здійснювати випуск наукового фахового видання України на високому науковому рівні

*Ключові слова: наукове фахове видання, ботаніка, гідробіологія, екологія, фізіологія людини і тварин, біохімія, біотехнологія, історія науки, огляди, загальні проблеми*

Друга половина ХХ ст. ознаменована тим, що наука вступила до нової фази розвитку, характерною ознакою якої стала невідповідність між обсягом одержуваної наукової інформації та її доступністю для науковців різних галузей знань, що обумовлено недостатньою кількістю наукових періодичних видань.

Виходячи з цього, ВАК України та Міністерство освіти і науки України свого часу прийняли рішення, згідно з яким результати наукових досліджень для захисту докторських і кандидатських дисертацій та присвоєння вчених звань доцента і професора повинні бути опубліковані у наукових фахових виданнях.

У зв'язку з цим вищі навчальні заклади (університети, інститути, академії) провели велику організаційну роботу щодо реєстрації у ВАК України існуючих та формування нових наукових фахових видань та їх реєстрації у ВАК України. Вищезазначене торкнулося і наукових видань Тернопільського державного педагогічного університету. Виходячи з того, що ще в період існування Кременецького державного педагогічного інституту видавалися «Наукові записки» [2, 5, 8] на засіданні технічної ради університету за пропозицією проректора з наукової роботи університету доктора педагогічних наук, професора Г. В. Терещука було прийнято рішення, що наукові фахові видання університету доцільно назвати: «Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету».

Постановою президії ВАК України від 11.09.1997 р. № 2/7 «Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Біологія» затверджені як збірник наукових праць з біологічних наук з наданням статусу наукового фахового видання України, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата біологічних наук (Бюлетень ВАК України, 1997, № 4. — С. 22). У цьому ж році був опублікований перший номер збірника — «Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія 4: Біологія». — 1997, № 1. — 92 с. До складу редакційної колегії збірника ввійшли:

**М. М. Барна** — кандидат біологічних наук, професор (головний редактор)

**І. М. Григора** — доктор біологічних наук, професор

**В. В. Грубінко** — доктор біологічних наук

**В. І. Комендар** — доктор біологічних наук, професор

**І. В. Шуст** — доктор біологічних наук, професор

**Н. В. Мшанецька** — кандидат біологічних наук (відповідальний секретар) [9].

У першому номері збірника було опубліковано 32 наукові статті за такими розділами: Ботаніка (6), Зоологія (3), Фізіологія рослин і генетика (8), Фізіологія людини і тварин (6), Загальна біологія і валеологія (5), Екологія і біотехнологія (4). Зазначимо, що вже у першому номері збірника окрім викладачів біологічних кафедр університету авторами статей були викладачі та наукові співробітники Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Ужгородського державного університету, Волинського державного університету ім. Лесі Українки, Чернігівського державного педагогічного інституту, Тернопільської державної медичної академії ім. І.Я. Горбачевського, Центрального ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України [3, 4]. Постановою Кабінету Міністрів України від 19 листопада 1997 р. № 1293 Тернопільському державному педагогічному університету було присвоєно ім'я відомого вченого Володимира Гнатюка. Тому, починаючи з першого номера 1998 року і упродовж кількох років, збірник наукових праць мав назву «Наукові записки Тернопільського

державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» почав виходити щоквартально, тобто 4 номери в рік [9–24].

Постановою президії ВАК України від 12.06.2002 р. № 1 — 05/6 збірнику «Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» було надано статус журналу (Бюлетень ВАК України, № 9, 2002, с. 6). Водночас журналу було надано право в «Серії: Біологія» в рубриці «Агрономія» публікувати наукові статті в галузі «Сільськогосподарські науки». В постанові президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7 — 05/1 зазначалося, що установи засновники наукових фахових видань зобов'язані оновити склад редакційних колегій з тим, щоб в них переважали фахівці, основним місцем роботи яких є установа-засновник наукового фахового видання. На виконання цієї постанови на ім'я президії ВАК України було надіслано листа від 22.10.2003 р. № 550-28/16 за підписом ректора університету професора В. П. Кравця, в якому наводився склад редакційної колегії наукового фахового журналу «Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія»:

**М. М. Барна** — доктор біологічних наук, професор (головний редактор); завідувач кафедри ботаніки, декан хіміко-біологічного факультету Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

**В. В. Грубінко** — доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора), завідувач кафедри загальної біології, проректор з навчальної роботи Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

**К. С. Волков** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри гістології Тернопільської державної медичної академії імені І. Я. Горбачевського.

**В. І. Кваша** — доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри зоології Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

**А. М. Олійник** — доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри валеології та охорони дітей Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

**В. І. Парпан** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології Івано-Франківського університету імені Василя Стефаника.

**І. В. Шуст** — доктор біологічних наук, професор кафедри загальної біології Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

**В. О. Хоменчук** — кандидат біологічних наук (відповідальний секретар), асистент кафедри хімії Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

Отже, із восьми членів редакційної колегії — п'ять докторів біологічних наук, професорів. Окрім того, із восьми членів редакційної колегії — шість (М. М. Барна, В. В. Грубінко, В. І. Кваша, А. М. Олійник, І. В. Шуст, В. О. Хоменчук) — штатні працівники Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, що становить 75% загального складу редакційної колегії. Це відповідало вимогам ВАК України щодо формування складу редакційних колегій наукових фахових видань.

Відповідно до постанови президії ВАК України від 15.01. 2003 р. № 7 - 05/1 редакційна колегія наукового фахового журналу приймала до друку статті, які містили такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання цієї проблеми і на які спирається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання цієї статті (постановка завдань); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у вибраному напрямку.

Указом Президента України від 21 серпня 2004 року № 957/2004 Тернопільському державному педагогічному університету імені Володимира Гнатюка надано статус національного. Тому № 1-2 (23) журналу випущені з назвою «Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія», а № 3-4

(24) — «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» [9]. Така ж назва наукового фахового збірника зберігається понині.

Протягом 2005 року вийшло чотири номери журналу: № 1-2 (25), № 3 (26), № 4 (27) [9]. Із зарубіжних учених статті в цих номерах журналу опублікувало більше 30 авторів, зокрема науковці Інституту біофізики Сибірського відділення РАН (м. Красноярськ), Інституту еволюційної оіохімп та фізіології імені І. Н. Сеченова РАН (м. Санкт Петербург), Інституту Волжського басейну РАН (м. Тольятті), Інституту проблем екології і еволюції РАН (м. Москва), Московського державного університету імені М. В. Ломоносова, Інституту паразитології імені В. Стефаньського ПАН (Польща), Гданського університету (Польща), Інституту морських наук (м. Ердемлі, Туреччина), Інституту біологічних досліджень університету Уельса (Велика Британія) та ін. [2].

У зв'язку з тим, що протягом 2003 – 2004 рр. доценти кафедри хімії В. З. Курант і О. Б. Столяр одержали наукові ступені доктора біологічних наук, вони включені до редакційної колегії збірника, до складу якого входили:

**М. М. Барна** — доктор біологічних наук, професор (головний редактор)

**К. С. Волков** — доктор біологічних наук, професор

**І. П. Григорюк** — доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України

**В. В. Грубінко** — доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора)

**В. І. Кваша** — доктор сільськогосподарських наук, професор

**В. З. Курант** — доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора)

**В. І. Ніколайчук** — доктор біологічних наук, професор

**А. М. Олійник** — доктор медичних наук, професор

**В. І. Парпан** — доктор біологічних наук, професор

**О. Б. Столяр** — доктор біологічних наук, професор

**В. О. Хоменчук** — кандидат біологічних наук, доцент (відповідальний секретар).

**І. В. Шуст** — доктор біологічних наук, професор

Із дванадцяти членів редакційної колегії – дев'ять докторів біологічних наук, професорів, що становить 72% від загального складу редколегії. Водночас із дев'яти докторів біологічних наук п'ять (М. М. Барна, В. В. Грубінко, В. З. Курант, О. Б. Столяр, І. В. Шуст) - штатні працівники Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка – організації-засновника журналу, що відповідало вимогам ВАК України щодо кількісного та якісного складу редакційних колегій організацій-засновників наукових фахових видань.

У 2009 р. доцент кафедри загальної біології Н. М. Дробик захистила докторську дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук, яка, починаючи з 2010 р. включена до складу редколегії наукового фахового збірника.

У 2010 р. збірник «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» зареєстрований у міжнародному центрі реєстрації ISSN у Франції і йому надано номер «ISSN 2078–2357» і з 2010 р. щорічно чотири номери збірника виходять під цим номером.

Протягом 20 років «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» друкують статті з різних галузей біологічної науки. Редакційна колегія журналу, дотримуючись принципових загальноприйнятих вимог щодо наукових статей, зосереджує свою увагу на підвищенні наукового змісту публікацій та їх значенні для розвитку біологічної науки. За 20 років (1997-2017) вийшло 72 номери збірника [6-9]. Авторами загальнопроблемних, теоретичних, оглядових та пошукових наукових статей є відомі українські вчені, зокрема: академіки НАН України К. М. Ситник (Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України), В. Д. Романенко (Інститут гідробіології НАН України), В. В. Моргун (Інститут фізіології рослин і генетики НАН України), Ю. П. Зайцев (Одеський філіал Інституту біології південних морів НАН України), Я. Б. Блюм (Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України), академік НАПН України В.П. Кравець (Тернопільський національний педагогічний

університет імені Володимира Гнатюка), академіки УААН В. П. Патики (Інститут агроєкології та біотехнології УААН), члени-кореспонденти НАН України: Є. Л. Кордюм (Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України), І. П. Григорюк (Інститут фізіології рослин і генетики НАН України), В. А. Кунах (Інститут молекулярної біології і генетики НАН України), Г. Є. Шульман (Інститут біології південних морів НАН України), М. Ю. Євтушенко (Національний аграрний університет) та ін.

Із зарубіжних вчених в журналі опублікували статті: академік, віце-президент НАН Білорусі І. Вологовський (Інститут фотобіології НАН Білорусі), В. Плюрайте, Ю. Б. Вірбіцкас, М. З. Восилене, Н. П. Казлаускене, Г. Б. Свяцявічюс, Я. Шівокене, Л. Міцкене, Г. Воверене, Р. Янкаускене (Інститут екології, м. Вільнюс, Литва), Д. П. Марчюлене, Д. Є. Монтвідене (Інститут ботаніки, м. Вільнюс, Литва), Р. Вільямс (Морська лабораторія Об'єднаного Королівства, Велика Британія), Т. Х. Олексик (Університет Джорджія, США), В. Г. Солодушко (Університет Південної Алабами, США), Л. Рольбецький (Гданський університет, м. Гдиня, Польща), А. Е. Кідейс (Інститут морських наук, Туреччина), Л. Бат (Самсунський університет, Туреччина) та ін.

У зв'язку з ліквідацією ВАК України і передачі її повноважень МОНмолодьспорту України доцільно зупинитися на деяких аспектах нових вимог щодо наукових фахових видань, які відображені в доопрацьованій редакції Порядку формування Переліку наукових фахових видань

Починаючи з № 3 (48) за 2011 р. статті, в яких поміщені кольорові ілюстрації, всі номери друкуються в кольоровому зображенні. Так, в № 1 (50) за 2012 р. в розділі «Історія науки. Персоналії» на стор. 120—132 поміщена стаття відомих українських вчених І. М. Бутницького, Р. Л. Мацьопи та ін. «ВІДОМИЙ УКРАЇНСЬКИЙ ФІЗІОЛОГ РОСЛИН І БІОХІМІК (до 80 –ти річчя від дня народження професора С. С. Костишина)», на стор. 120 якої поміщена кольорова світлина професора Степана Степановича Костишина. У № 3 (60) за 2014 р в розділі «БОТАНІКА» у статті Р. Л. Яворівського, Н. В. Герц, О. Б. Мацюк та ін. «Червонокнижні рослини Голицького ботанічного заказника та їх охорона» вміщено 10 кольорових світлин червонокнижних рослин, зокрема: відкашник татарниколистий, дев'ятисил татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl.), сон великий (*Pulsatilla grandis* Wender.), горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.) та ін.

### **Доопрацьована редакція Порядку формування Переліку наукових фахових видань**

1. Цей Порядок встановлює умови формування Переліку наукових фахових видань України та його затвердження МОНмолодьспортом для опублікування основних наукових результатів дисертацій та наукових праць здобувачами наукових ступенів і вчених звань.

2. До Переліку наукових фахових видань України строком на п'ять років включаються друковані (електронні) наукові фахові видання, які відповідають таким вимогам:

2.1. Наявність у фахового видання (журналу, збірника наукових праць) свідоцтва про державну реєстрацію засобу масової інформації із загальнодержавною та (або) зарубіжною сферою його розповсюдження (для періодичних друкованих наукових фахових видань);

2.2. Засновником (співзасновником) фахового видання є наукова установа, вищий навчальний заклад III-IV рівнів акредитації;

2.3. Тематична спрямованість наукового фахового видання з певної галузі науки;

2.4. Наявність у складі редколегії наукового фахового видання не менше шести докторів наук з відповідної галузі науки, серед яких не менше трьох докторів наук повинні бути штатними працівниками засновника (співзасновників), про що зазначається у вихідних відомостях, крім галузі мистецтвознавства, з якої до складу редколегії можуть входити доктори наук з інших галузей науки, які мають наукові праці з проблем мистецтва.

До складу редколегії повинні бути включені іноземні фахівці з відповідної галузі науки.

Редактор (головний редактор) повинен бути штатним працівником засновника (співзасновників);

2.5. Рекомендація до друку та до поширення через мережу Інтернет вченої ради наукової установи, вищого навчального закладу III-IV рівнів акредитації, що видає друковане (електронне) наукове фахове видання, про що зазначається у вихідних відомостях;

2.6. Тираж фахового видання не менш як 100 примірників (для періодичних друкованих наукових фахових видань);

2.7. Наявність примірників фахового видання у фондах таких бібліотек України:

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського НАН України (03039, Київ, проспект 40-річчя Жовтня, 3).
2. Національна парламентська бібліотека України (01001, Київ, вул. М. Грушевського, 1); Державна наукова установа «Книжкова палата України імені Івана Федорова» (02660, Київ, проспект Ю. Гагаріна, 27).
3. Львівська національна наукова бібліотека України імені В. Стефаника (79000, Львів, вул. В. Стефаника, 2).
4. Державний заклад «Одеська національна ордена Дружби народів наукова бібліотека імені М. Горького» (65023, Одеса, вул. Л. Пастера, 13).
5. Державний заклад «Харківська державна наукова бібліотека імені Короленка» (61003, Харків, провулок В. Г. Короленка, 18).
6. Наукова бібліотека імені М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка (01601, Київ, вул. Володимирська, 58).
7. Бібліотеки національних галузевих академій наук України (за напрямками) (для періодичних друкованих наукових фахових видань).

2.8. Розміщення електронної копії наукового фахового видання на сайті Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського НАН України у розділі «Наукова періодика України» безоплатно (для періодичних друкованих наукових фахових видань) та надсилання до одержувачів обов'язкового безоплатного примірника малотиражних видань (до 100 примірників) відповідно до додатку 1 до постанови Кабінету Міністрів України від 10 травня 2002 року № 608 «Про порядок доставляння обов'язкових примірників документів» (для електронних наукових фахових видань);

2.9. Наявність статей англійською мовою на веб сторінці видання;

2.10. Дотримання вимог до редакційного оформлення фахового видання згідно з державними стандартами України;

2.11. Обов'язкове здійснення редколегією внутрішнього та зовнішнього рецензування;

2.12. Випуск номерів видання українською та англійською мовами одночасно.

У грудні 2015 р. у Міністерство освіти і науки України були направлені документи для перереєстрації наукового фахового видання «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія. Біологія» на наступні п'ять років за такими вимогами:

2.1. Фахове видання (збірник наукових праць) має свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації із загальнодержавною сферою його розповсюдження. Серія КВ № 15884-4356 Р.

2.2. Засновником фахового видання є Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка — вищий навчальний заклад IV рівня акредитації.

2.3. Тематична спрямованість наукового фахового видання — біологія.

2.4. У складі редколегії наукового фахового видання одинадцять докторів біологічних наук, серед яких п'ять докторів біологічних наук є штатними працівниками засновника:

**М. М. Барна** — доктор біологічних наук, професор (головний редактор) (Україна)

**К. С. Волков** — доктор біологічних наук, професор (Україна)

**В. В. Грубінко** — доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора) (Україна)

**Н. М. Дробик** — доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора) (Україна)

**В. З. Курант** — доктор біологічних наук, професор (Україна)

**В. І. Парпан** — доктор біологічних наук, професор (Україна)

**О. Б. Столяр** — доктор біологічних наук, професор (Україна)

**О. Б. Мацюк** — кандидат біологічних наук (відповідальний секретар) (Україна)

**В. Р. Челак** — доктор біологічних наук, професор (Молдова)

**Макаї Шандор** — габлітоований доктор, професор (Угорщина).

До складу редколегії включені іноземні фахівці з біології, зокрема:

**В. Р. Челак** — доктор біологічних наук, професор (Молдова);

**Макаї Шандор** — доктор біологічних наук, професор (Угорщина).

Головний редактор — **М. М. Барна** — доктор біологічних наук, професор (Україна) є штатним працівником — професор кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (організація засновник).

2.5. Кожний номер збірника наукових праць рекомендує до друку вчена рада Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, що видає друковане наукове фахове видання, про що зазначається на 2-й сторінці кожного наукового фахового видання.

2.6. Тираж фахового видання 300 примірників.

2.7. Наявні примірники фахового видання у фондах таких бібліотек України:

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського НАН України (03039, Київ, проспект 40-річчя Жовтня, 3).
2. Національна парламентська бібліотека України (01001, Київ, вул. М. Грушевського).
3. Державна наукова установа «Книжкова палата України імені Івана Федорова» (02660, Київ, проспект Ю. Гагаріна, 27).
4. Львівська національна наукова бібліотека України імені В. Стефаника (79000, Львів, вул. В. Стефаника, 2).
5. Державний заклад «Одеська національна ордена Дружби народів наукова бібліотека імені М. Горького» (65023, Одеса, вул. Л. Пастера, 13).
6. Державний заклад «Харківська державна наукова бібліотека імені Короленка» (61003, Харків, провулок В. Г. Короленка, 18).
7. Наукова бібліотека імені М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка (01601, Київ, вул. Володимирська, 58).
8. Бібліотеки національних галузевих академій наук України (Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України — Київ, вул. Велика Житомирська, 28, за напрямком – ботаніка)

2.8. Електронні копії наукового фахового видання розміщені на сайті Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського НАН України у розділі «Наукова періодика України» безоплатно та надсилається до одержувача обов'язковий безоплатний примірник.

2.9. Наявні анотації статей англійською мовою на веб сторінці видання.

2.10. Дотримані вимоги до редакційного оформлення фахового видання згідно з державними стандартами України.

2.11. Редколегією здійснюється обов'язкове внутрішнє та зовнішнє рецензування.

2.12. Один із номерів видання випускається українською та англійською мовами одночасно.

### Висновки

«Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» протягом 20 – ти років пройшли гідний шлях свого становлення та розвитку. Вони визнані в широких колах науковців інститутів Відділення загальної біології НАН України, АМН, НАПН, УААН України, професорсько-викладацького персоналу університетів та інших вищих навчальних закладів України, а також серед зарубіжних учених.

Із зарубіжних учених статті в різних номерах збірника опублікувало більше 30 авторів, зокрема: академік, віце-президент НАН Білорусі І. Д. Волотовський (Інститут фотобіології НАН Білорусі), науковці Інституту біофізики Сибірського відділення РАН (м. Красноярськ), Інституту еволюційної біохімії та фізіології ім. І. Сеченова РАН (м. Санкт Петербург),

Інституту Волжського басейну РАН (м. Тольятті), Інституту проблем екології і еволюції РАН (м. Москва), Московського державного університету імені М. В. Ломоносова, Інституту паразитології імені В. Стефаньського ПАН (Польща), Гданського університету (Польща), Інституту морських наук (м. Ердемлі, Туреччина), Інституту біологічних досліджень університету Уельса (Велика Британія), Морської лабораторії Об'єднаного Королівства, Велика Британія, університету Джорджія, США, університету Південної Алабами, США, Інституту екології, м. Вільнюс, Литва, Інституту ботаніки, м. Вільнюс, Литва, Гданського університету, м. Гдиня, Польща, Інституту морських наук, Туреччина, Самсунського університету, Туреччина та ін.

Згідно з наказом МОН України № 241 від 09.03.2016 р., позиція 82 збірник пройшов переатестацію на новий п'ятирічний період.

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія у 2010 році зареєстровані в Європейському інформаційному центрі реєстрації періодичних видань (Франція) з наданням ISSN 2078–2357.

Збірник «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» включені до європейських наукометричних баз даних:

Index Copernicus.

Scientific Indexing Services (SiS) ID: 3155.

Open Academic Journals Index (OAJI) ID: 3936.

На наш погляд, включення збірника «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія» до європейських наукометричних баз даних дозволить покращити якість наукових статей і здійснювати випуск наукового фахового видання на високому науковому рівні.

1. Барна М. М. Хіміко-біологічний факультет: минуле, сьогодення, майбутнє / М. М. Барна, Л. С. Пошила // Наук. запис Терноп. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Біол. — 2000, № 1 (8). — С. 63—71.
2. Барна М. М. Науковий фаховий журнал: становлення та значення для розвитку біологічної науки / М. М. Барна, Л. С. Барна // Наук. запис. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол. — 2007. — № 1 (31). — С. 3—15.
3. *Бібліографія* наукових і науково-методичних праць викладачів хіміко-біологічного факультету Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка 1962-2002 рр./ Укладачі: Барна М. М., Пошила Л. С., Грубінко В. В., Гришук Б. Д., Кваша В. І., Олійник А. М., Степанюк А. В. / за ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Видавничий відділ ТДПУ, 2002. — 182 с.
4. *Бібліографія* наукових і науково-методичних праць викладачів хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка 2003–2012 рр. / Укладачі: Барна М. М., Барна Л. С., Гришук Б. Д., Грубінко В. В., Кваша В. І., Курант В. З., Степанюк А. В. / за ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2012. — 182 с.
5. *Бригінець М. Л.* Кременецькому педінституту — 25 років / М. Л. Бригінець, І. Я. Забокницький // Доп. звітн.-наук. конф. кафедр ін-ту. — Кременець, 1965. — С. 3—21.
6. *Кравець В. П.* Від витоків до сьогодення (До 60-річчя відродження Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка) / В. П. Кравець // Наук. запис. Терноп. держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер.: Біол. — 2000, № 1 (8). — С. 61—63.
7. *Нариси* історії хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (1940-2010) / [Барна М. М., Курант В. З., Барна Л. С., Грубінко В. В., Гришук Б. Д., Кваша В. І., Степанюк А. В.]; за ред. М. М. Барни. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. — 308 с.: іл.
8. *Наукові записки* Кременецького педагогічного інституту. Сер. природн. наук. — Тернопіль, 1961. — Т. VI. — Вип. 1. — 30 с.
9. *Наукові записки* Тернопільського державного педагогічного університету. Серія 4: Біологія. — 1997. — № 1.
10. *Наукові записки* Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія 4: Біологія. — 1998. — № № 2 (4), 3 (4).
11. *Наукові записки* Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 1999. — № № 1 (4). — 2 (5). — 3 (6). — 4 (7).

12. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2000. — № №. — 1 (8). — 2 (9). — 3 (10). — 4 (11).
13. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2001. — № №. — 1 (12). — 2 (13) — 3 (14). Спеціальний випуск: «Гідроекологія». — 4 (15).
14. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2002. — № №. Спеціальний випуск: «Гідроекологія». — 1 (16). — 2 (17). — 3 (18). Спеціальний випуск: «Фізіологія рослин». — 4 (19).
15. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2003. — №№. — 1 (20). — 2 (21). — 3-4 (22).
16. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2004. — №№. — 1-2 (23). — 3-4 (24).
17. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2005. — № №. — 1-2 (25). — 3 (26). Спеціальний випуск: «Гідроекологія». — 4 (27).
18. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2006. — № №. — 1 (28). — 2 (29). — 3-4 (30).
19. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Сер. Біол. — 2007. — № №. — 1 (31), — 2 (32). — 3 (33). — 4 (34).
20. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2008. — № №. — 1 (35). — 2 (36). — 3 (37). Спеціальний випуск: «Оцінка екологічного стану водойм та адаптація гідробіонтів» — 4 (38).
21. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2009. — № №. — 1-2 (39). — 3 (40). — 4 (41).
22. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2010. — № №. — 1 (42). Спеціальний випуск: «Гідроекологія». — 2 (43). Спеціальний випуск: «Гідроекологія». — 3 (44). — 4 (45).
23. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2011. — № №. — 1 (46). Спеціальний випуск: «Фізіолого-біохімічні та екосистемні механізми формування токсикорезистентності біологічних систем», присвячені пам'яті члена-кореспондента АПН України, д. б. н., проф. Олександра Федотовича Явоненка. — 2 (47). — 3 (48). — 4 (49).
24. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2012. — № №. — 1 (50). Спеціальний випуск: «Молюски: результати, проблеми і перспективи досліджень». — 2 (51). — 3 (52) (англійською мовою). — 4 (53).
25. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2013. — № №. — 1 (54). — 2 (55). — 3 (56). — 4 (56).
26. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2014. — № №. — 1 (58). — 2 (59). — 3 (60). Спеціальний випуск: «Біологічна фіксація азоту». — 4 (61).
27. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2015. — № №. — 1 (62). Спеціальний випуск: «Присвячений 75-річчю Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, хіміко-біологічного факультету, кафедри ботаніки» — 2 (63). — 3-4 (64). Спеціальний випуск: «Гідроекологія».
28. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2016. — № №. — 1 (65). — 2 (66). — 3-4 (67).
29. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2017. — № №. — 1 (68). — 2 (69). Спеціальний випуск: «Тернопільські біологічні читання — TERNOPIL BIOSCIENSE — 2017», присвячені 20-річчю заснування наукового фахового видання України «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія».



Н. Н. Барна, Л. С. Барна

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

НАУЧНЫЕ ЗАПИСКИ ТЕРНОПОЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ГНАТЮКА. СЕРИЯ: БИОЛОГИЯ: СТАНОВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ (к 20-летию основания)\*

В статье рассматривается вопрос относительно основания, становления научного периодического издания «Научные записки Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка. Серия: Биология» в течении 20 – ти лет с момента его основания и издания. Отмечается, что «Научные записки ...» на протяжении этого периода издавались 4 номера в год, т. е. один номер в квартал. За период издания «Научных записок ...» они получили известность в широких кругах ученых институтов Отделения общей биологии НАН Украины, АМН, НАПН, УААН Украины, профессорско-преподавательского состава университетов и других высших учебных заведений Украины, а также среди зарубежных учёных. Сегодня «Научные записки Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка. Серия: Биология» соответствуют всем требованиям «Оновленной редакции Порядка формирования Перечня научных изданий» Министерства образования и науки Украины. Отмечено, что в составе редколлегии десять докторов биологических наук, профессоров, из них шесть докторов биологических наук, профессоров являются штатными работниками организации–основателя издания.

-----  
\*Примечание. Статья подготовлена по материалам:

1. Барна М. М., Барна Л. С. Науковий фаховий журнал: становлення та значення для розвитку біологічної науки // Наук. запис. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол. — 2007. — № 1 (31). — С. 3—15.

2. Барна М. М., Барна Л. С. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія. Біологія — науковий фаховий збірник / до 15-річчя заснування та видання // Наук. запис. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол. — 2012. — № 4 (53). — С. 105—112.

Кроме того, в состав редколлегии включены 2 иностранных специалиста из биологии (доктора биологических наук, профессора), в частности, один из Молдовы, один из Венгрии. За 20 – летний период издано 69 выпусков сборника научных работ. Авторами проблемных, теоретических, экспериментальных, обзорных и поисковых научных статей являются известные украинские ученые, в частности, академики НАН Украины: К. М. Сытник (Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины), В. Д. Романенко (Институт гидробиологии НАН Украины), В. В. Моргун (Институт физиологии растений и генетики НАН Украины), Ю. П. Зайцев (Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины), Я. Б. Блюм (Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины), академик НАПН Украины В. П. Кравец (Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка), академики УААН В. П. Патыка (Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины), члены-корреспонденты НАН Украины: С. Л. Кордюм (Институт ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины), И. А. Григорюк (Институт физиологии растений и генетики НАН Украины), В. А. Кунах (Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины), Г. Е. Шульман (Институт биологии южных морей НАН Украины), М. Ю. Евтушенко (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины) и др.

Из зарубежных ученых в журнале публиковали статьи: академик, вице-президент НАН Беларуси И. Д. Волотовский (Институт фотобиологии НАН Беларуси), В. Плюрайте, Ю. Б. Вирбицкас, М. З. Восилене, Н. П. Казлаускене, Г. Б. Свяцявичюс, Я. Шивокене, Л. Мицкене, Г. Воверене, Р. Янкаускене (Институт экологии, г. Вильнюс, Литва), Д. П. Марчулене, Д. С. Монтвидене (Институт ботаники, г. Вильнюс, Литва), Р. Вильямс (Морская лаборатория Объединенного Королевства, Великая Британия), Т. Х. Олексик (Университет Джорджия, США), В. Г. Солодушко (Университет Южной Алабамы, США),

Л. Рольбецкий (Гданьский университет, г. Гдиня, Польша), А. Е. Кидейс (Институтт морских наук, Турция), Л. Бат (Самсунский университет, Турция) и др.

В соответствии с приказом МОН Украины № 241 от 09.03.2016 г., позиция 82 «Научные записки Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка. Серия: Бмология» прошли переатестацию на новый пятилетний период.

Сборник ««Научные записки Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка. Серия: Бмология»» включен у европейские наукометрические базы данных:

Index Copernicus

Scientific Indexing Services (SiS) ID: 3155.

Open Academic Journals Index (OAJI) ID: 3936.

По нашему мнению, включение сборника «Научные записки Тернопольского национального педагогического университета имени Владимира Гнатюка. Серия: Биология» в европейские наукометрические базы данных позволит улучшить качество научных статей и осуществлять выпуск научного фахового издания Украины на высоком научном уровне.

*Ключевые слова: научный сборник, биологическая наука, ботаника, биотехнология, гидробиология, экология, биохимия, морфология и физиология человека и животных, обзоры, история науки, персоналии*

*M. M. Barna, L. S. Barna*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY. SERIES: BIOLOGY: ESTABLISHMENT AND PROSPECTS OF FURTHER DEVELOPMENT (dedicated to the 20th foundation anniversary) \*

The article highlights the milestones in the 20-year history of scientific journal “Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology”. It is emphasized that since then “Scientific Proceedings ...” has been considered a quarterly edition, published 4 times a year.

Since its first edition, “Scientific Proceedings ...” gained recognition in a wide range of scientific institutes of the Department of General Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, AMN, NAPN, UAAS of Ukraine, professors and academicians of universities and other higher educational institutions, as well as among foreign scientists and researchers.

Today “Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology” comply with all the requirements of the “New Edition of the Procedure for the Compilation of the List of Scientific Publications” of the Ministry of Education and Science of Ukraine. It is underlined that the editorial board consists of ten doctors of biological sciences, professors, six of whom are full-time employees of the founding organization of the publication.

---

\*Note. The article draws on material:

1. Barna M.M., Barna L.S. Scientific Professional Journal: Foundation and Significance for the Development of Biological Science // Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology. — 2007. — № 1 (31). — P. 3—15.

2. Barna M.M., Barna L.S. Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology as a Specialized Collection of Scientific Works / dedicated to the 15th foundation anniversary // Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology. — 2012. — № 4 (53). — P. 105—112.

In addition, the editorial board includes two foreign experts in biology (doctor of biological sciences, professors), from Moldova and Hungary in particular. For the 20-year period 69 issues of the collection of scientific were published. The authors of topical, theoretical, experimental, review and research articles are well-known Ukrainian scientists, including academicians of the National Academy of Sciences of Ukraine: K.M. Sytnik (M.G. Kholodny Institute of botany of the NAS of Ukraine), V.D. Romanenko (Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine), V.V. Morgun

18 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2017, № 1 (68)

(Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine), Yu. P. Zaitsev (Odessa Branch of O. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas), Ya. B. Blum (Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of the NAS of Ukraine), V.P. Kravets, an academician of the National Academy of Sciences of Ukraine (Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University), V. Patyka, an academician of UAAS (Institute of Molecular Biology and Genetics of NAS of Ukraine), Corresponding Members of the National Academy of Sciences of Ukraine: Ye.L. Kordium (M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine), I.A. Hryhoriuk (Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine), V.A.Kunakh (Institute of Molecular Biology and Genetics of the NAS of Ukraine), G.E. Shulman (Institute of Biology of the Southern Seas, NAS of Ukraine), M.Yu. Evtushenko (The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine), etc.

Foreign scientists contributing their articles include: an academician, vice-president of the National Academy of Sciences of Belarus, I.D. Volotovskiy (Institute of Biophysics and Cell Engineering of NAS of Belarus, former Institute of Photobiology), V. Pluraitė, Yu. B. Virbickas, M. Z. Vosilene, N. P. Kazlauskienė, G. . B. Svyatsyavichyus, J. Shivokene, Mitskene L., G. Voverene, R. Yankauskene (Institute of Ecology of Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania), D.P. Marčiulionytė, D.Ye. Montvidene (Institute of Botany, Vilnius, Lithuania), R. Williams (Institute for Marine Environmental Research, UK), T. Oleksik (University of Georgia, USA), V.G.Solodushko (University of South Alabama, USA), L. Rolbeckiy (Gdansk University, Gdansk, Poland), A.E.Kideis (Institute of Marine Sciences, Turkey), L. Bat (Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey), etc.

In accordance with the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 241 of 09.03.2016, item 82 “Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology” has been certified for another five-year period.

A collection of scientific papers “Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology” is included in European databases and master journal lists:

Index Copernicus

Scientific Indexing Services (SiS) ID: 3155.

Open Academic Journals Index (OAJI) ID: 3936.

By enlisting “Scientific Proceedings of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology” in European databases we aim to improve the quality of scientific articles in general and enhance the value of scientific publications in particular.

*Keywords: scientific collection of papers, biological science, botany, biotechnology, hydrobiology, ecology, biochemistry, human and animal morphology and physiology, reviews, history of science, personalities*

# БОТАНІКА

УДК: 581.12: 582.734.3: 634.19

<sup>1</sup>О. Д. АНДРІЄНКО, <sup>2</sup>А. І. ОПАЛКО, <sup>2</sup>О. А. ОПАЛКО

<sup>1</sup>Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
вул. Садова, 2, Умань Черкаської області, 20300

<sup>2</sup>Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України  
вул. Київська 12-а, Умань Черкаської області, 20300

## **ВОДНИЙ РЕЖИМ ЛИСТКІВ ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ РОДУ *AMELANCHIER MEDIK.***

---

Викладено результати дослідження водного режиму листків восьми інтродукованих видів роду *Amelanchier Medik.* з колекції НДП «Софіївка» НАН України. Визначено вміст загальної води, дефіцит води і водоутримувальну здатність. З'ясували, що на початку вегетації рослини інтродукованих видів роду *Amelanchier* мали більшу обводненість листків, ніж наприкінці сезону. За поліпшення умов вологозабезпечення рослини ірги здатні відновлювати обводненість тканин унаслідок послаблення дії стресового чинника. Водоутримувальна здатність листків упродовж вегетації підвищується і стабілізується, що зумовлює стійкість рослин до нестійкого вологозабезпечення і характеризує їхню пристосованість до умов культивування. Дещо меншою толерантністю щодо дії посушливих умов серед досліджених видів ірги характеризувався *Amelanchier asiatica* (Siebold & Zucc.) Endl. ex Walp., на що вказують знижені показники вмісту загальної води, підвищені показники дефіциту води та порівняно швидка втрата води листками упродовж перших 10 год. в'янення.

*Ключові слова:* *Amelanchier Medik.*, аридизація, вміст загальної води, дефіцит води і водоутримувальна здатність

З огляду на стійку тенденцію клімату до аридизації (ксеротизації), літні посухи, що досить часто спостерігаються в останні роки, можуть стати обмежувальним чинником для багатьох культур [10].

Нестача вологи у ґрунті порушує водообмін у рослині, зумовлює зниження обводнення тканин. Зменшення вмісту води в рослині викликає, насамперед, різке зниження інтенсивності фотосинтезу, підвищення інтенсивності дихання, порушення процесів окислювального фосфорилування, внаслідок чого знижується енергетична ефективність дихання, порушуються інші фізіологічні процеси [3].

Стосовно потреб до забезпечення вологою, види роду *Amelanchier*, є мезофітами [2, 7, 11]. У той же час, результати вивчення стійкості та пристосування окремих видів ірги у різних ботаніко-географічних зонах інтродукції до умов посухи засвідчують високі показники посухостійкості та збалансованість водного режиму [8, 9].

Необхідність проведення дослідів із вивчення водного режиму інтродукованих видів роду *Amelanchier* зумовлена обмеженою кількістю таких відомостей та епізодичним характером досліджень у зоні Правобережного Лісостепу України.

### Матеріал і методи досліджень

До досліджень були залучені інтродуковані види роду *Amelanchier*: *A. alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M.Roem., *A. asiatica* (Siebold & Zucc.) Endl. ex Walp., *A. canadensis* (L.) Medik., *A. florida* Lindl., *A. laevis* Wiegand, *A. ovalis* Medik., *A. spicata* (Lam.) K.Koch та *A. stolonifera* Wiegand з колекції НДП «Софіївка» НАН України.

Досліджували параметри водного режиму: вміст загальної води, дефіцит води і водоутримувальна здатність, які визначали ваговим методом М.Д. Кушніренко, Г.П. Курчатової, Є.В. Крюкової [5].

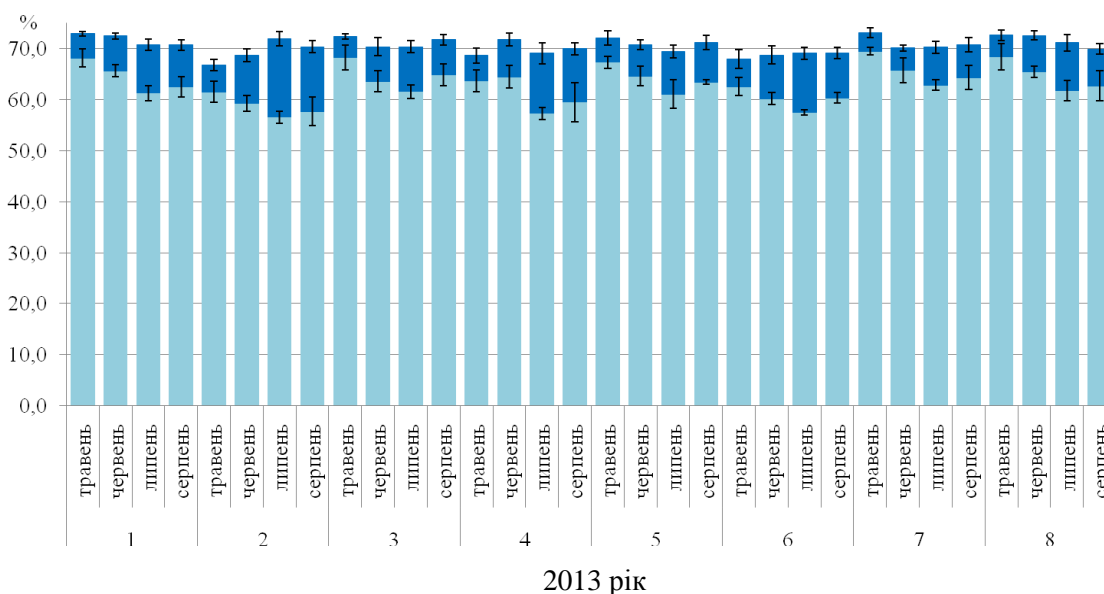
### Результати досліджень та їх обговорення

Визначення вмісту загальної води у різні строки вегетації дає уявлення про водну насиченість клітин і тканин, а отже й про функціональний стан рослин [6].

Загалом, досліджені види роду *Amelanchier* характеризувалися високим вмістом загальної води у листках упродовж вегетації, показники якого коливалися в межах  $54,0 \pm 0,52$ – $76,4 \pm 1,23\%$  (рисунок).

При цьому, найбільший вміст загальної води, незалежно від виду рослин та року дослідження, відмічено на початку вегетації, у травні —  $61,5 \pm 2,10$ – $76,4 \pm 1,23\%$ . До її кінця, показники обводненості листків рослин зменшувалися, і у серпні були в межах  $54,0 \pm 0,52$ – $64,8 \pm 2,17\%$ .

Аналіз динаміки вмісту загальної води у листках рослин від місяця до місяця та від року до року виявив виражену реакцію видів ірги на зміну умов вологозабезпечення: із збільшенням атмосферної зволоженості і оптимізацією гідротермічного коефіцієнта, досліджувані показники зростали, за протилежних умов — знижувалися. Так, у травні 2013 та 2014 років, коли констатували надмірне вологозабезпечення (кількість опадів за місяць перевищувала середньобогаторічні дані відповідно на 28 та 127%) вміст загальної води у листках досліджених видів ірги коливався в межах  $61,5 \pm 2,10$ – $69,5 \pm 0,74$  та  $70,3 \pm 0,28$ – $76,4 \pm 1,23\%$  відповідно. За умов достатнього вологозабезпечення у червні та серпні 2013 і червні 2014 років (кількість опадів за місяць становила відповідно 89, 92 та 84% від середньобогаторічних даних) межі мінливості досліджуваних показників становили  $57,02 \pm 0,21$ – $66,23 \pm 0,25\%$ . За умов недостатнього вологозабезпечення у липні 2014 року (кількість опадів за місяць становила 27% від середньобогаторічних даних) досліджувані показники коливалися в межах  $55,9 \pm 0,54$ – $64,5 \pm 2,20\%$ . За умов обмеженого вологозабезпечення у липні 2013 та серпні 2014 років (кількість опадів за місяць становила відповідно 23 та 20% від середньобогаторічних даних) досліджувані показники коливалися в межах  $54,0 \pm 0,52$ – $63,1 \pm 1,76\%$ .



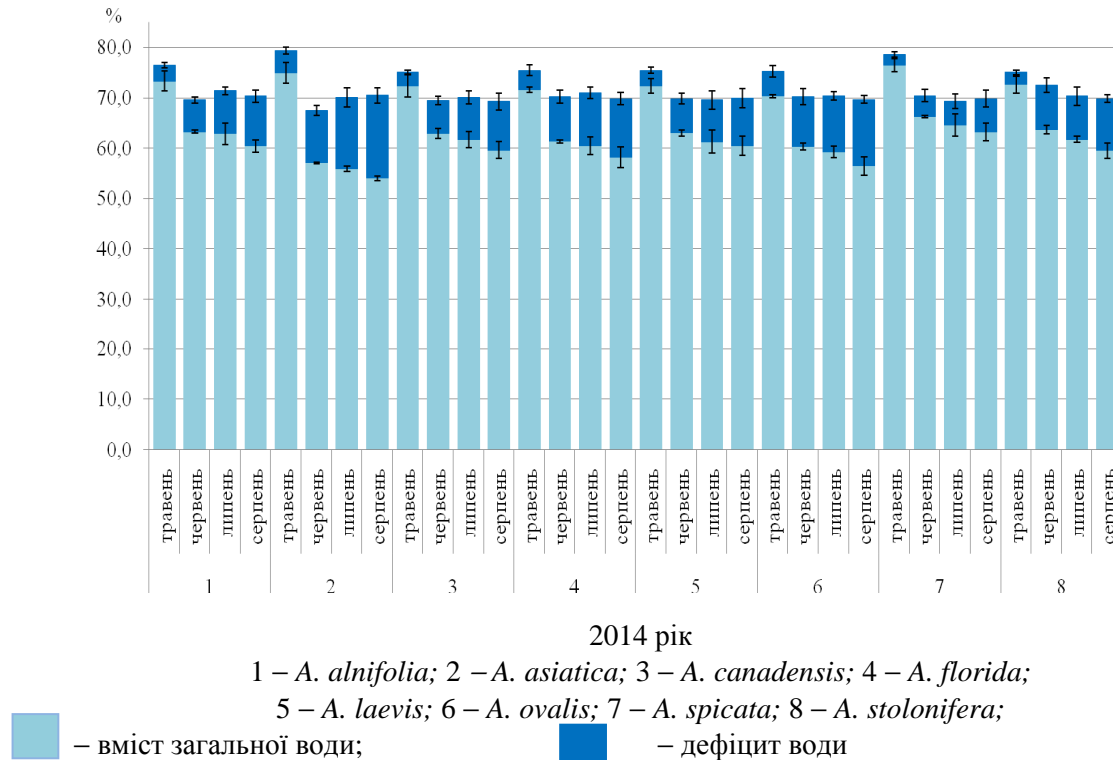


Рис. Динаміка вмісту загальної води та дефіциту води в листках видів роду *Amelanchier* Medik.

Поєднання температурного і водного стресів призводить до порушення відносної рівноваги водного балансу рослин, що виражається у переважанні процесів втрати води. У цьому разі виникає водний дефіцит [4]. Є думка [1], що дефіцит води краще, ніж інші показники характеризує ступінь пристосованості рослин до умов вегетування, адже впливає на такі процеси як поглинання води, кореневий тиск, фотосинтез, дихання, ріст і розвиток тощо. При цьому, невеликі значення денного дефіциту води вважаються нормальним фізіологічним явищем [1].

Показники дефіциту води в листках рослин досліджених видів роду *Amelanchier* коливалися в межах  $2,1 \pm 0,58$ – $16,5 \pm 1,52\%$ . При цьому, зміни зазначених показників від місяця до місяця та від року до року були пов'язані із показниками вмісту загальної води: за їх зростання дефіцит води зменшувався, і навпаки, у разі зменшення вмісту загальної води, її дефіцит — зростав. Так, найменші показники дефіциту води в листках досліджених видів ірги фіксували у травні 2013 та 2014 років, за умов надмірного вологозабезпечення:  $3,6 \pm 0,93$ – $5,4 \pm 1,91$  та  $2,1 \pm 0,58$ – $4,9 \pm 1,10\%$  відповідно; найбільші — за умов обмеженого вологозабезпечення у липні 2013 та серпні 2014 років:  $7,4 \pm 1,18$ – $15,3 \pm 1,37$  та  $6,6 \pm 1,70$ – $16,5 \pm 1,52\%$  відповідно. За умов достатнього вологозабезпечення у червні та серпні 2013 і червні 2014 років вони коливалися в межах  $4,2 \pm 1,27$ – $12,7 \pm 1,18\%$ , а за умов недостатнього вологозабезпечення у липні 2014 року — в межах  $4,7 \pm 1,42$ – $14,1 \pm 1,94\%$ .

У регулюванні водообміну рослин значна роль належить здатності клітин утримувати воду і зберігати внаслідок цього певний рівень водозабезпечення [3].

Вивчення динаміки втрати води листками видів роду *Amelanchier* під час в'янення показало, що її інтенсивність неоднакова у різних видів. У переважній більшості варіантів, упродовж перших 10 год. в'янення, листки *A. asiatica*, порівняно з іншими видами, втрачали воду швидше, *A. spicata* — повільніше. Так, упродовж двох год. в'янення листки *A. asiatica* втратили від  $5,5 \pm 0,30$  до  $12,2 \pm 0,32\%$ , *A. spicata* — від  $3,3 \pm 0,55$  до  $7,2 \pm 1,16\%$ . Упродовж 4 год. в'янення листки *A. asiatica* втратили від  $13,2 \pm 1,33$  до  $35,1 \pm 1,27\%$ , *A. spicata* — від  $6,1 \pm 0,26$  до  $13,4 \pm 1,27\%$ . Упродовж 6 год. в'янення листки *A. asiatica* втратили від  $23,8 \pm 0,78$  до  $42,0 \pm 1,79\%$ ,

*A. spicata* — від  $11,1 \pm 1,58$  до  $18,9 \pm 1,97\%$ . Упродовж 8 год. в'янення листки *A. asiatica* втратили від  $29,9 \pm 1,74$  до  $47,3 \pm 0,65\%$ , *A. spicata* — від  $18,3 \pm 1,71$  до  $27,7 \pm 1,99\%$ . Упродовж 10 год. в'янення листки *A. asiatica* втратили від  $34,3 \pm 1,94$  до  $50,1 \pm 1,54\%$ , *A. spicata* — від  $24,8 \pm 2,71$  до  $39,3 \pm 2,25\%$ . Показники в'янення листків решти видів займали проміжне положення.

Водовіддача за 24 години листків видів роду *Amelanchier* визначалася межами  $37,1 \pm 2,40$ – $58,8 \pm 0,21\%$ . При цьому, її показники у досліджених видів ірги були близькими у цьому варіанті, і поступово зменшувалися від найбільших у травні і до найменших у серпні. У 2013 році становили  $50,1 \pm 0,69$ – $58,8 \pm 0,21\%$  у травні,  $41,5 \pm 2,66$ – $48,3 \pm 1,56\%$  у червні,  $37,9 \pm 0,80$ – $44,9 \pm 1,39\%$  у липні та  $37,1 \pm 2,40$ – $42,2 \pm 1,79\%$  у серпні; у 2014 році —  $52,2 \pm 1,73$ – $55,9 \pm 0,84\%$  у травні,  $41,1 \pm 1,63$ – $48,1 \pm 1,74\%$  у червні,  $39,4 \pm 2,14$ – $44,2 \pm 1,73\%$  у липні та  $37,7 \pm 1,20$ – $43,3 \pm 1,82\%$  у серпні.

Отримані результати свідчать, що на початку вегетації, здатність листків досліджених видів утримувати воду знижена. Упродовж наступних місяців цей показник зростає і стабілізується, забезпечуючи спроможність рослин вегетувати за умов нестійкого вологозабезпечення.

Враховуючи, що водоутримувальна здатність корелює не лише із посухостійкістю, а й з іншими життєво важливими функціями рослин як-от зимостійкість, морозостійкість, інтенсивність дихання тощо [3], її зростання та стабілізація зумовлює стійкість рослин до дії несприятливих умов середовища і характеризує їх пристосованість до умов культивування.

### Висновки

Отже, на початку вегетації обводненість листків інтродукованих видів роду *Amelanchier* була вищою ( $61,5 \pm 2,10$ – $76,4 \pm 1,23\%$ ) знижуючись до  $54,0 \pm 0,52$ – $64,8 \pm 2,17\%$  наприкінці сезону. Рослини ірги здатні відновлювати обводненість тканин у разі послаблення дії стресового чинника, коли водний дефіцит не перевищував  $2,1 \pm 0,58$ – $16,5 \pm 1,52\%$ . Водоутримувальна здатність листків упродовж вегетації підвищувалась і стабілізувалася, що зумовлює стійкість рослин до дії обмеженого вологозабезпечення і характеризує їх пристосованість до умов культивування. Дещо меншою толерантністю до дії посушливих умов серед досліджених видів ірги характеризувався *A. asiatica*, на що вказують знижені показники вмісту загальної води, підвищені показники дефіциту води та порівняно швидка втрата води листками упродовж перших 10 год. в'янення.

1. Антоненко В. С. Водный дефицит как характеристика степени влагообеспеченности растений / В.С. Антоненко, Н. И. Гойса, Б. А. Митрофанов // Регуляция водного обмена растений. — К.: Наукова думка, 1984. — С. 48–50.
2. Артюшенко З. Т. Род 22. Ирга — *Amelanchier* Medik. // Деревья и кустарники СССР дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Т 3. Покрытосеменные семейства Троходендровые–Розоцветные / [Ред. С. Я. Соколов]. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. — С. 495–507.
3. Величко Л. Н. Практикум з фізіології рослин / Л. Н. Величко, А. С. Меркушина, Л. В. Чорна. — Умань, 2006. — 109 с.
4. Дмитренко В. П. Водный дефицит растений и его связь с гидрометеорологическими условиями / В. П. Дмитренко, Т. А. Чекина // Регуляция водного обмена растений. — К.: Наукова думка, 1984. — С. 80–82.
5. Кушниренко М. Д. Методы оценки засухоустойчивости плодовых растений / М. Д. Кушниренко, Г. П. Курчатова, Е. В. Крюкова. — Кишинев: Штиинца, 1975. — 22 с.
6. Мемхов Е. М. О влиянии степени оводненности на устойчивость клетки к стрессам / Е. М. Мемхов // Регуляция водного обмена растений. — К.: Наукова думка, 1984. — С. 134–137.
7. Соколов С. Я. Род *Amelanchier* Medik. — Ирга / [С. Я. Соколов, О. А. Связева, В. А. Кубли и др.] // Ареалы деревьев и кустарников СССР. В 3 т. / [Отв. ред. В. И. Грубов]. — Л.: Наука, 1980. — Т. 2. Гречишные–розоцветные. — С. 67.
8. Степанова А. В. Эколого-биологическая оценка генофонда ирги (*Amelanchier* Medik.) при интродукции в условиях юго-запада ЦЧР: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. биол. наук: 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» / Анна Вячеславовна Степанова; Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова. — Рамонь, 2015. — 24 с.

9. Стрела Т. Е. Биологические особенности видов рода ирга (*Amelanchier* Medic.) и перспективы их использования : автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук : 06.536 «Плодоводство» / Тамара Ермолаевна Стрела ; Укр. с.-х. акад. — К., 1970. — 23 с.
10. Усманов И. Ю. Экологическая физиология растений / И. Ю. Усманов, З. Ф. Рахманкулова, А. Ю. Кулагин. — М.: Логос, 2001. — 224 с.
11. Jones G. N. American species of *Amelanchier* / G. N. Jones // Illinois biological monographs. — 1946. — Vol. 20, № 2. — 126 p.

*Е. Д. Андриенко, А. И. Опалко, О. А. Опалко*

Уманский государственный педагогический университет имени Павла Тычины  
Национальный дендрологический парк «Софиевка» НАН Украины

#### ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЛИСТЬЕВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ РОДА *AMELANCHIER* MEDIK.

Изложены результаты исследования водного режима листьев восьми интродуцированных видов рода *Amelanchier* Medik. из коллекции НДП «Софиевка» НАН Украины. Изучали содержание общей воды, дефицит воды и водоудерживающую способность. Выяснили, что в начале вегетации растения интродуцированных видов рода *Amelanchier* имели большую обводненность листьев, чем в конце сезона. При улучшении условий влагообеспеченности растения ирги способны восстанавливать обводненность тканей вследствие ослабления действия стрессового фактора. Водоудерживающая способность листьев в течение вегетации повышается и стабилизируется, что обеспечивает устойчивость растений к действию неустойчивого влагообеспечения и характеризует их приспособленность к условиям культивирования. Несколько меньшей толерантностью к действию засушливых условий среди исследованных видов ирги характеризовался *Amelanchier asiatica* (Siebold & Zucc.) Endl. ex Walp., на что указывают пониженные показатели содержания общей воды, повышенные показатели дефицита воды и сравнительно быстрая потеря воды листьями в течение первых 10 час. увядания.

*Ключевые слова:* *Amelanchier* Medik., аридизация, содержание общей воды, дефицит воды и водоудерживающая способность

*O. D. Andrienko, A. I. Opalko, O. A. Opalko*

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Ukraine  
National dendrological park «Sofiyivka» of NAS of Ukraine

#### LEAF WATER STATUS OF *AMELANCHIER* MEDIK. ALIEN SPECIES

Study on leaf moisture status of eight *Amelanchier* Medik. alien species of National dendrological park «Sofiyivka» of NAS of Ukraine genetic collection are expounded. The content of total water, water deficit and leaf water holding capacity were defined. It was found out that in the beginning of the vegetation, plants of alien species of the genus *Amelanchier* had a greater water content of the leaves than at the end of the season. Plants of Juneberry are able to restore water content tissues in the case of reducing the stress factor and moisture conditions improve. The water-retaining capacity of leaves during the growing season increases and stabilizes that provides plant resistance to the action of moisture volatile and characterizes their adaptability to the conditions of cultivation. A slightly lower tolerance to the effect of arid conditions among the studied species of Juneberry has *Amelanchier asiatica* (Siebold & Zucc.) Endl. ex Walp., to what reduced rates of total water content, increased water deficit and relatively rapid loss of water by leaves within the first 10 hours of wilting indicate.

*Keywords:* *Amelanchier* Medik., aridization, content of total water, water deficit, leaf water holding capacity

Рекомендує до друку

Надійшла 30.01.2017

М. М. Барна



УДК: 712.23(477.43)

<sup>1</sup>М. М. БЕЛІНСЬКА, <sup>2</sup>Б. Є. ЯКУБЕНКО

<sup>1</sup>Національний природний парк «Мале Полісся»

пров. Горинський 12, с. Радошівка, Ізяславський район, Хмельницька область, 30330

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

## ГІДРОЛОГІЧНИЙ ЗАКАЗНИК «ТЕРЕБІЖІ» КЛЮЧОВА ТЕРИТОРІЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ МІСЦЕЗРОСТАНЬ *CAREX BOHEMICA* SCHREB. ТА ІНШИХ РАРИТЕТІВ НПП «МАЛЕ ПОЛІССЯ»

В статті констатовано факт створення національного природного парку «Мале Полісся» на півночі Хмельницької області із включенням до його складу гідрологічного заказника загальнодержавного значення «Теребіжі», де зростає рідкісна рослина Червоної книги України осока богемська – *Carex bohemica* Schreb. Також наведена комплексна характеристика заказника, його раритетні та типові види флори, притаманна рослинність і подані геоботанічні описи постійних пробних площ, що закладені на природоохоронній території.

*Ключові слова:* національний природний парк, види рослин, флора, рослинність, раритетний вид

**Актуальність.** Національний природний парк «Мале Полісся» створений Указом Президента України № 430 від 2 серпня 2013 року. НПП «Мале Полісся» створений з метою збереження, відтворення та раціонального використання природних ландшафтів малополіської частини Хмельницької області, що мають важливе наукове, природоохоронне, освітнє, рекреаційне значення. Парк створений на території Ізяславського та Славутського районів Хмельниччини.

За створення НПП до його складу увійшли частково або повністю 12 унікальних і своєрідних об'єктів та територій природно-заповідного фонду загальнодержавного й місцевого значення. Одним із особливих є гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Теребіжі», де зростає надзвичайно рідкісна рослина Червоної книги України осока богемська – *C. bohemica* Schreb.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Своєрідна природа Малого Полісся з давніх-давен привертала увагу науковців різних напрямків, зокрема ботаніків, геоботаніків. У зв'язку з тим, що до кінця XVIII ст. Мале Полісся входила до складу Польщі, тому дослідженнями цієї території займалися польські науковці [1, 4].

На території Малого Полісся флору досліджували відомі ботаніки: І.Ф. Шмальгаузен, Й.К. Пачоський.

Геоботанічне районування східної частини Малого Полісся провели Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Г.С. Куковиця та Я.П. Дідух. Є.М. Брадїс зі співавторами розробила торфоболотне районування України, в тому числі території Малого Полісся [1, 2].

Великий внесок у вивчення флори Малого Полісся зробила доктор біологічних наук, професор, відомий ботанік України – Т.Л. Андрієнко. Серед сучасних науковців, які досліджували та досліджують територію Малого Полісся в межах Хмельниччини, в тому числі територію НПП «Мале Полісся» важливе місце належить для Юглічек Л.С., Любінської Л.Г., Балашова Л.С., О.І. Прядко, О.Ю. Недоруб, В.М. Антосяк та ін. [1, 2, 3, 4, 5].

Метою дослідження є раритетна флора гідрологічного заказника загальнодержавного значення «Теребіжі» НПП «Мале Полісся».

Місцезнаходження об'єкту дослідження. Територія гідрологічного заказника загальнодержавного значення «Теребіжі» національного природного парку «Мале Полісся».

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися протягом 2015-2016 років у природних фітоценозах гідрологічного заказника «Теребіжі». При польових дослідженнях застосовувався маршрутний метод

експедиційних досліджень шляхом закладання постійних пробних площ із прив'язкою до території. Також склалися геоботанічні описи на території дослідження.

### Результати досліджень та їх обговорення

Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Теребіжі» НПП «Мале Полісся» розташований у 64 кварталі лісництва «Теребіжі» ДП «Славутське лісове господарство». Площа заказника становить 30,3 га. Охоронний режим установлений у 1995 році, сучасний статус – з 2005 року.

На території заказника охороняється природний комплекс з чотирьох озер, які перебувають на різних стадіях заростання, підвищення грив між ними та прилеглих соснових лісів. Територія урочища – це колишня долина стоку льодовикових вод. Своєрідності ландшафту надають озера, на трьох із яких вже утворилися болота різних типів і сформувався рослинний покрив, який характеризується унікальними флористичними особливостями. Тут представлена лісова, болотна, прибережно-водна, фрагментарно лучна рослинність [5].

Серед болотної рослинності найпоширенішими є угруповання мезотрофних боліт, оскільки три з них перебувають на мезотрофній та олігомезотрофній стадіях розвитку. На цих ділянках є ценози асоціації пухнастоплодо-осоково-сфагнової, – вони безлісні, зі значним обводненням, місцями вони являють собою плави. Тут зростають види з Переліку рослин, які потребують охорони в Хмельницькій області – образки болотні – *Calla palustris* L., пухівка піхвова – *Eriophorum vaginatum* L., росичка круглолиста – *Drosera rotundifolia* L. На ділянках боліт, які досягли найвищого ступеня розвитку і перебувають на оліготрофній стадії, поширені ценози сосново-пухівково-сфагнової асоціації та угруповання *E. vaginatum* L. на суцільному сфагновому покриві [4, 5].

Найбільшу наукову цінність заказника становлять виявленні в цих екотопах фрагменти ценозів осоки богемської – *C. bohémica* Schreb. Це одне із небагатьох відомих місцезростань даного виду не лише на території Хмельницької області, але й на рівнинній частині України.

У серпні 2015 р. начальником відділу наукової, еколого-освітньої роботи та рекреаційного благоустрою НПП «Дермансько-Острозький» Головка О.В. та старшим науковим співробітником НПП «Мале Полісся» Белінською М.М. було обстежено територію гідрологічного заказника «Теребіжі» та складено геоботанічний опис 21-15.

Берег мікроозерця, що пересихає. Загалом болото значно підсушене внаслідок відсутності дощів [3].

Площа опису – 50 м<sup>2</sup>.

Рослинний покрив мозаїчний.

Трав'яний ярус загальним проективним покриттям 70 %

*Scirpus radicans* Schkuhr – 50%

*Juncus effusus* L. – 30%

*Polygonum maritimum* (в гербарії) – 30%

*Agrostis stolonizans* Bess. ex Schult. et Schult. Fil – 5-10%

*Carex bohémica* Schreb – 5%

*Juncus bulbosus* L. - 2-3 %

*Polygonum persicaria* L. – 2-3%

*Epilobium* sp. - +

*Erechtites hieracifolia* (L.) Rafin. ex DC - +

*Lycopus europaeus* L. - +

*Typha latifolia* L. - +

У вересні 2016 року старшим науковим співробітником НПП «Мале Полісся» Белінською М.М. було знову обстежено територію гідрологічного заказника «Теребіжі», складені два геоботанічні описи та закладено дві постійні пробні площі, площею 100 м<sup>2</sup> кожна.

Опис 13-16

Площа опису – 100 м<sup>2</sup>.

Трав'яний ярус загальним проективним покриттям 75 %

*Scirpus radicans* Schkuhr – 45%

*Juncus effusus* L. – 40%

*Polygonum maritimum* (в гербарії) – 30%  
*Agrostis stolonizans* Bess. ex Schult. et Schult. Fil – 5-10%  
*Carex bohemica* Schreb – 20%  
*Polygonum persicaria* L. – 5-7%  
*Erechtites hieracifolia* (L.) Rafin. ex DC - +  
*Lycopus europaeus* L. - +  
*Typha latifolia* L. - +  
 Опис 14-16  
 Площа опису – 100 м<sup>2</sup>.  
 Трав'яний ярус загальним проективним покриттям 60 %  
*Scirpus radicans* Schkuhr – 50%  
*Juncus effusus* L. – 30%  
*Polygonum maritimum* (в гербарії) – 25%  
*Agrostis stolonizans* Bess. ex Schult. et Schult. Fil – 5%  
*Carex bohemica* Schreb – 10%  
*Polygonum persicaria* L. – 10%  
*Erechtites hieracifolia* (L.) Rafin. ex DC - +  
*Lycopus europaeus* L - +  
*Typha latifolia* L - +

Раритетну ценотичну складову невеликих ділянок водних плес складають угруповання латаття сніжно-білого – *Nymphaea candida* J. et C. Presl (Зелена книга України), фрагменти угруповань, утворених ситником бульбастим – *Juncus bulbosus* L. (Червона книга України), пухирника малого – *Utricularia minor* L., який охороняється в Хмельницькій області.

Лісова рослинність заказника, що розміщується на погорбованих підвищених ділянках навколо озер представлена сосновими лісами. Найбільшу площу займають соснові ліси зеленомохові, де зростають також три види плаунових, занесених до Червоної книги України – зелениця сплюснута – *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub., баранець звичайний – *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart, плаун колючий – *Lycopodium annotinum* L. [4].

### Висновки

Загалом гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Теребіжі» НПП «Мале Полісся» має важливе наукове значення як збережена унікальна та своєрідна екосистема, де зростає ряд видів рослин із Червоної та раритетних угруповань Зеленої книги України, із охоронного списку видів Хмельницької області.

За період досліджень протягом 2015–2016 років ми спостерігали збільшення кількості місцезростань, чисельності в популяції *C. bohemica* Schreb., хоча протягом 2016 року не було виявлено *J. bulbosus* L. на відомих раніше його місцезростаннях у межах заказника «Теребіжі». Тому ми вважаємо, що дана територія є досить перспективною для досліджень.

1. Белінська М. М. Дослідження флори національного природного парку «Мале Полісся» // Природоохоронні території в минулому, сучасному, майбутньому світі. До 130-річчя створення «Пам'ятки Пеняцької» — першої природоохоронної території у Європі. / М. М. Белінська, Б. С. Якубенко // Матеріали II Міжнародної наукової конференції (26—27 жовтня 2016 р.). — м. Львів: ТЗОВ «Простір». — М., 2016. — С. 43—45.
2. Белінська М. М. Флора національного природного парку «Мале Полісся» / Белінська М. М., Якубенко Б. С. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка біологічного та ландшафтного різноманіття заповідних територій», присвячена 20-тій річниці з дня створення національного природного парку «Подільські Товтри» (25—27 травня 2016 р.). — Кам'янець-Подільський: — Національний природний парк «Подільські Товтри», 2016. — С. 16—18.
3. Літопис природи національного природного парку «Мале Полісся» за 2014—2015 роки, Т. 1. — Ізяслав, 2016. — 200 с.
4. Національний природний парк «Мале Полісся»: наукові нариси до створення / [Т. Л. Андрієнко, Р. Г. Білик, Л. П. Казімірова та ін.]. — Кам'янець-Подільський: ПП Мошинський, 2011. — 92 с.
5. Природа унікального краю Малого Полісся / під. ред. Т. Л. Андрієнко. — Кам'янець-Подільський: Видавництво ПП Мошинський, 2010. — 245 с.

М. Н. Белінська, Б. Е. Якубенко

Національний природний парк «Малое Полесьє»,

Національний університет біоресурсів і природопольовання України

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ЗАКАЗНИК «ТЕРЕБИЖИ» КЛЮЧЕВАЯ ТЕРРИТОРИЯ  
СОХРАНЕНИЯ МЕСТООБИТАНИЯ *CAREX BOHEMICA* SCHREB. И ДРУГИХ РАРИТЕТОВ  
НПП «МАЛОЕ ПОЛЕСЬЕ»

В статье констатируется факт создания национального природного парка «Малое Полесье» на севере Хмельницкой области с включением в его состав гидрологического заказника общегосударственного значения «Теребижи», где растет редкое растение Красной книги Украины осока богемская - *Carex bohemica* Schreb. Также приведена комплексная характеристика заказника, его раритетные и типичные виды флоры, присущая растительность и представлены геоботанические описания постоянных пробных площадей, заложенных на природоохранной территории.

*Ключевые слова:* национальный природный парк, виды растений, флора, растительность, раритетный вид

М. М. Belinska, B. E. Yakubenko

National Park «Male Polissya», Ukraine

National Agriculture University of Ukraine

HYDROLOGICAL RESERVE «TEREBIZHI» AS KEY AREA CONSERVATION HABITATS  
OF *CAREX BOHEMICA* SCHREB. AND OTHER CUTIOSITIES NPP «MALE POLISSIA»

The article highlights the significance of National Park «Male Polissia» located in the north of Khmelnytsky region. National Park «Male Polissia» was established by Presidential Decree № 430 of August 2, 2013 with the purpose of conservation, restoration and sustainable use of natural landscapes of Male Polissia (Khmelnysky region) areas, which are of great scientific, environmental, educational and recreational value. The park was founded in the territory of Slavuta district.

The national park comprises 12 unique and original objects and nature reserves of both national and local importance. One of them is «Terebizhi», a hydrological reserve of national importance, a homeland to *C. bohemica* Schreb., a very rare Red Book plant species.

The hydrological reserve of «Terebizhi» of NPP «Male Polissya» occupies an area of 30.3 ha. It is accountable to the state institution of «Slavuta Forestry».

The given natural reserve complex features four overgrown lakes three of which have formed swamps of different types and vegetation, characterized by unique floral features. Here forest, marsh, coastal, and meadow plants may be found.

The list of plant species that require protection includes such species as *Calla palustris* L., *Eriophorum vaginatum* L., and *Drosera rotundifolia* L.

The greatest scientific value of this nature reserve lies in its functioning as a unique environmental area inhabited by *C. bohemica* Schreb. This is one of few known habitats of this type not only in the areas of Khmelnytsky region but also in the plains of Ukraine.

Forest vegetation native to this nature reserve covering the hills around the lakes is represented by pine forests. The largest area is occupied by green moss pine forests, which grow well. The following three species are enlisted in the Red Book of Ukraine – *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub., *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart, *Lycopodium annotinum* L.

Over the period of research (2015-2016) an increase of habitats and growth of population size in *C. bohemica* Schreb. were observed. Therefore, this area call for further research and development.

*Keywords:* national park, species, flora, vegetation, rare species

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 25.01.2017

УДК 581.5 : 582.594.2

І. В. БЕСАРАБЧУК, С. О. ВОЛГІН

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки  
пр-п. Волі, 13, Луцьк, Волинська область, 43025

## МІСЦЕЗРОСТАННЯ *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ НА ТЕРИТОРІЇ М. ЛУЦЬКА

Досліджено поширення занесеного до Червоної книги України рідкісного виду рослин родини *Orchidaceae* Juss. – *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. на території м. Луцька. Виявлено 7 місцезнаходжень *E. helleborine* в місті. Підтверджено стійкість виду до антропогенних змін в умовах урбанізованого середовища.

*Ключові слова:* урбанізована територія, антропогенний тиск, *Epipactis helleborine*, місцезнаходження, антропотолерантний вид

**Вступ.** Однією з основних причин зникнення видів рослин на території міст є антропогенний фактор. І найпершими на антропогенні зміни в екотопах урбанізованих територій реагують саме рідкісні види рослин, які в першу чергу випадають зі складу рослинних угруповань. Однією з таких родин виступає родина *Orchidaceae* Juss., до якої належить занесений до Червоної книги України вид *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. [26]. Однак останнім часом відзначається зростання цього виду на території міст вздовж травмаїних колій, лісових стежок та доріг [10, 13].

Просторовий розподіл особин популяції певного виду на будь-якій території залежить від зовнішніх екологічних умов та біологічних особливостей виду. Щодо просторового поширення генеративних особин *E. helleborine*, то воно зазвичай має випадковий характер [24]. Тобто можна говорити про стохастичний характер розселення коручки чемерникоподібної.

Завдяки значній екологічній пластичності [11], властивій *E. helleborine*, даний вид постійно в центрі уваги польських [33], німецьких [35, 36], англійських [32, 42], російських [22, 23, 29] та інших вчених. Значна частина робіт присвячена морфології [30, 39], розмноженню [20, 9] та особливостям запилення виду [25, 33, 40, 41]. В. В. Пінчук та В. М. Тихомиров [15] досліджували проблеми гібридизації даного виду з іншими видами роду *Epipactis* на території Білорусії.

Поширення коручки чемерникоподібної на заході України досліджував М. М. Загульський [5, 6]. Вплив урбанізації на даний вид орхідних детально досліджував І. Ю. Парнікоза [12, 13, 37]. *E. helleborine* не раз виявляли та досліджували під час комплексних досліджень м. Києва та його околиць [10, 16, 27, 37].

Вивченням *E. helleborine* в кінці 90 років ХХ ст. на території Центральної Європи було з'ясовано, що даний вид є урбанофобом [31]. Але на початку ХХІ ст. для території Уралу вже було показано, що *E. helleborine* за ступенем гемеробності є найбільш антропотолерантним видом орхідних [7], із змішаною CSR стратегією життя [17]. У нього за сприятливих умов посилюється С компонента, S стратегія проявляється за посиленого стресу, а за умов урбанізації переважає саме R стратегія. Тому, думка, щодо високої стійкості досліджуваного виду в урбанізованому середовищі підтримується багатьма вченими [2, 3, 18].

Дослідження щорічного насінневого поновлення *E. helleborine* [13] показало, що даний вид зазнає опосередкований вплив людської діяльності і здатний зносити лише певні рівні антропогенного навантаження, не витримуючи 4 та 5 ступеня рекреаційної дегресії. Тому питання антропогенного впливу і його ролі у поширенні *E. helleborine* на урбанізованих територіях залишається не до кінця з'ясованим.

### Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження є *Epipactis helleborine* (L.) Crantz родини *Orchidaceae* Juss. Даний вид належить до євразійського (палеарктичного) типу елементів флори та євразійського геоелементу [8]. Виділено багато підвидів, різновидностей, які відрізняються за розміром і

формою листової пластинки, форми і забарвленням квітів [19, 21]. Розмноження відбувається переважно насіннєвим способом, що забезпечує хороший потенціал ценопопуляції [20]. В стабільних умовах існування для виду характерне утримання території за рахунок довготривалого самопітримання та здатності переходити в стан вторинного спокою і за сприятливих умов переходити у ювенільний період [1]. Інколи спостерігається ураження рослини грибом *Phyllosticta cruenta* (Fr.) Kickx. [14].

В основу нашого дослідження покладено матеріали польових обстежень території м. Луцька, що проводились маршрутним методом протягом вегетаційного періоду *E. helleborine* в різних типах міських місцезростань (рекреаційних зонах, заповідних територіях тощо), включаючи в коло дослідження промислові райони та район житлових будинків. Використана картографічна основа міста Луцька, яка складена за допомогою програмного забезпечення MapInfo [4].

### Результати досліджень та їх обговорення

На даний час на території м. Луцька *E. helleborine* трапляється, як у природних зелених зонах, так і на помірно трансформованих антропогенною діяльністю ділянках. В межах міста виявлено 7 осередків поширення *E. helleborine* (рис. 1).



Рис. 1. Схема розташування досліджених осередків поширення *Eipactis helleborine* (L.) Crantz у м. Луцьку:

- 1 – санітарно захисна зона промислових підприємств по вул. Карбишева;
- 2 – лісопарк Конякіна-Карбишева;
- 3 – парк ім. 900-річчя Луцька;
- 4 – центральний парк культури і відпочинку ім. Лесі Українки;
- 5 – загальнозоологічний заказник місцевого значення «Гнідавське болото».
- 6 – ботсад «Волинь»;
- 7 – парк Дружби Народів-Боженка.

В межах санітарно-захисної зони промислових підприємств по вулиці Карбишева кількість особин досліджуваного виду є незначною і знаходилась ближче до бетонної стіни Луцької картонно-паперової фабрики. Ступінь антропогенного впливу на *E. helleborine* є значним, що пояснюється не лише зростанням виду в промисловій зоні міста, а й тим, що особини популяції були знайдені саме біля стежини, яка пролягала паралельно стіни.

Лісопарк, що знаходиться по вулицях Конякіна та Карбишева відзначився дещо більшою кількістю особин ніж в попередній зоні. Зростали вони переважно зі східної частини лісопарку. Основне місцезнаходження виду було ближче до дороги. Найбільша кількість була виявлена вздовж алеї, яка іде від Академії рекреаційних технологій і прав впоперек лісопарку до вулиці Гуцанської. Розміщення поряд промислових підприємств чинить додатковий антропогенний прес на *E. helleborine*, проте це не перешкоджає йому проходити всі фази розвитку.

В Парку імені 900-річчя Луцька виявлено популяцію коручки чемерникоподібної лише у західній частині парку чисельністю до 10 генеративних особин. У цій зоні вид зростає в умовах кислої реакції ґрунтового розчину (рН – 6,2), низького вмісту гумусу (1,84 %) та підвищеного вмісту азоту [28]. Причиною таких показників ґрунту є неодноразова трансформація парку в умовах штучно розширеної заплави р. Сапалаївки. Також додатковим фактором антропогенного впливу на досліджуваний вид є розташування парку в житловому районі міста.

Найбільше поширення *E. helleborine* у межах міста спостерігається на території Центрального парку культури і відпочинку ім. Лесі Українки. На його території відзначається масове трапляння особин виду, з приуроченістю до країв алей, стежин, а також біля руслу р. Стир. В даному місці вид зростає в умовах сильного антропогенного навантаження і значно трансформованих ділянках парку, що пов'язано з неодноразовою реконструкцією парку, який був закладений на осушеній заплаві р. Стир. Внаслідок чого ґрунти в межах парку не раз осушувались та ущільнювались, про що говорить низький вміст гумусу (1,58 %) та лужна реакція ґрунтового розчину (рН – 7,6), який є найбільш лужним для території міста загалом [28]. Також центральна алея парку виходить на пляж р. Стир, що приваблює велику кількість рекреантів, що не може не позначитись на рослинному покриві парку.

На території Загальнозоологічного заказника місцевого значення «Гнідавське болото» кількість особин не перевищувала п'яти і знаходилась лише ближче до стику з ботанічним садом, що можна припустити, що поширення на територію заказнику почалось саме з території ботсаду. Вид зростає в умовах помірного антропогенного впливу на місці залишків природних біоценозів заплави р. Стир, де шари торфу підходять безпосередньо до поверхні.

Ботанічний сад «Волинь», який знаходиться в межах заплави р. Стир, характеризується невеликою кількістю особин більш-менш розкиданих по всій території саду, проте зростаючи лише поблизу стежок на антропогенно-утворених мінеральних ґрунтах. Територія досить трансформована, оскільки парк знаходиться в межах колишнього кар'єру. Антропогенний тиск не є меншим ніж у інших зелених зонах міста, що пояснюється суміжним розташуванням із житловою забудовою району, внаслідок чого значна кількість місцевих мешканців та гостей міста приходять сюди відпочивати.

Парк по бульварі Дружби Народів та вулиці Боженка складається з двох частин розділених бульваром Дружби народів і включає в себе сквер «Дубовий гай». В межах цього району кількість особин була не великою з тягою до р. Жидувки, яка на сьогодні повністю меліорована і являє собою стічну каналу, куди скидають неочищені поверхневі стоки з промислових майданчиків ЛПЗ. Також значний антропогенний вплив на *E. helleborine* чинить розташування поблизу ВАТ «Волтекс» в межах південної промислової зони та суміжно прилягаючої великої автомагістралі.

Також були виявлені і одиничні особини по вулиці Шопена біля бібліотеки ім. Олени Пчілки та по вулиці Єршова навпроти ПАТ «Волиньобленерго», в останньому випадку спостерігалася недорозвиненість репродуктивних органів, що можна пояснити знаходження *E. helleborine* в промисловій зоні відразу біля дороги.

## Висновки

Таким чином, популяції *E. helleborine* поширена на території м. Луцька на північному сході та на півдні ближче до центру і характеризується значною чисельністю особин. В основному це територія рекреаційних зон де досліджуваний вид проходить усі фази розвитку, попри те що ступінь антропогенного впливу є досить високим. Із 7 виявлених місцезнаходжень коручки чемерникоподібної, лише один район (загальнозоологічний заказник місцевого значення «Гнідавське болото») є місцем залишків природних біоценозів. Це дає підстави стверджувати, що *Epipactis helleborine* на території м. Луцька виявляє значний ступінь антропотолерантності. І оскільки найбільша кількість особин знайдена і досліджена на території Парку культури і відпочинку ім. Л. Українки, а саме вздовж алей і стежок, то можна припустити, що одним із факторів такого масового поширення є наявність великої кількості рекреантів, що виступають допоміжним фактором поширення насіння *E. helleborine* по всій території парку.

1. Балахонова Н. С. Состояние ценопопуляций дремлика широколистного (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz.) на юго-западе г. Москвы / Н. С. Балахонова, Е. А. Карпухина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия : Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2006. — №. 1. — С. 41—46.
2. Балахонова Н. С. Особенности ценопопуляций Дремлика широколистного на юго-западе города Москвы / Н. С. Балахонова // Вестник Твер. ун-та. Серия : Биология и экология. — 2007. — Вып. 3. — № 7 (35). — С. 23—27.

3. Бусканова Г. Н. Онтогенетические тактики и стратегии выживания *Epipactis helleborine* (L.) Crantz (*Orchidaceae*) в условиях стресса / Г. Н. Бусканова // Популяции в пространстве и времени : сб. материалов VIII Всерос. популяц. семинара. — Н. Новгород, 2005. — С. 40—41.
4. Геоінформаційне картографування в Україні. Концептуальні основи і напрями розвитку / [Л.Г. Руденко, Т.І. Козаченко, Д.О. Ляшенко та ін.]. — К. : Наук. думка, 2011. — 104 с.
5. Загульский М. Н. Состояние популяций орхидных Розточья и Внешних Карпат в условиях антропогенного влияния / М. Н. Загульский // *Badania biologiczne ekosystemów lądowych i wodnych Roztocza i Karpat Wschodnich w warunkach antropopresji* (Lublin, 25—27 wrzesnia 1989): Lubelsko-Lwowska Sesja naukowa. — Lublin, 1990. — С. 61—62.
6. Загульский М. Н. Некоторые результаты, проблемы изучения : і охраны орхидей (*Orenidaceae* Juss.) западных регионов Украины / М. Н. Загульский // Проблемы сохранения биологического разнообразия Беларуси (Минск, октябрь 1993 г.): Тезисы докл. междунар. науч. -прак. конф. — Минск, 1993. — С. 84—86.
7. Ишмуратова М. М. Использование показателя гемеробии для оценки уязвимости редких видов орхидных Южного Урала и устойчивости растительных сообществ / М. М. Ишмуратова, И. В. Суюндуков, А. Р. Ишбирдин // Биологический вестник. — 2003. — Т. 7. — № 1-2. — С. 33—35.
8. Клеопов Ю. Д. Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР / Ю. Д. Клеопов. — К. : Наук. думка, 1990. — 224 с.
9. Клименко Г. О. Особливості репродукції рідкісних видів рослин родини *Orchidaceae* / Г. О. Клименко, І. М. Коваленко // Наукові доповіді НУБіП України. — 2016. — №. 4 (61).
10. Новосад К. В. Раритетна компонента урбанofлоры Київського мегаполісу : дис. ... кандидата біол. наук : 03.00.05 / Новосад Катерина Валеріївна. — К., 2016. — 363 с.
11. Парнікоза І. Ю. Способ обеспечить охрану видов орхидей из Красной книги без создания особо охраняемой природной территории / И. Ю. Парнікоза, М. С. Шевченко // Вестник Тверского государственного университета. Серия : Биология и экология. — 2007. — №. 4. — С. 63—65.
12. Парнікоза І. Ю. Популяція *Epipactis helleborine* (L.) Crantz Святошинського лісу / І. Ю. Парнікоза, П. В. Гільчук // Укр. фітоцен. зб. — 2001. — С. 122—123.
13. Парнікоза І. Ю. Про поширення та екологічні характеристики популяцій *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. в м. Києві / І. Ю. Парнікоза, М. С. Шевченко // Молодь та поступ біології: друга міжнар. наук. конф., 21-24 бер. 2006 р. : тези допов. — 2006. — С. 115—116.
14. Парнікоза І. Ю. Сучасний стан ценопопуляцій рідкісних рослин регіонального ландшафтного парку «Лиса гора» (м. Київ) / І. Ю. Парнікоза, Д. М. Іноземцева // Укр. ботан. журн. — 2005. — Т. 62. — №. 5. — С. 649—655.
15. Пинчук В. В. Изменчивость *Epipactis helleborine* и *Epipactis atrorubens* (*Orchidaceae*) при их гибридизации / В. В. Пинчук, В. Н. Тихомиров // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. Химия. Биология. География. — 2010. — № 1. — С. 39—44.
16. Прядко О. І. Необхідність збереження цілісності природних екосистем долини р. Віта в Національному природному парку «Голосіївський» (м. Київ) / О. І. Прядко, Р. Я. Арап, В. В. Дацюк // Прагматичні аспекти діяльності національних природних парків у контексті збалансованого розвитку : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 20-річчю Нац. природ. парку «Вишницький» (17-19 вер. 2015 р., смт Берегомет, Чернівецька обл., Україна). — Чернівці : Друк Арт, 2015. — С. 271—274.
17. Пушкарёва О. В. Стратегия жизни *Epipactis helleborine* (L.) Crantz / О. В. Пушкарёва // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Самара, 2001. — Т. 13. - № 5 (2). — С. 103—105.
18. Пушкарёва О. В. Популяція *Epipactis helleborine* (L.) Crantz в урбанізованій середі (г. Уфа) / О. В. Пушкарёва, М. М. Ишмуратова // Охрана и культивирование орхидей : материалы IX Международной конференции (26 — 30 сентября 2011г.) — М. : Товарищество научных изданий КМК, 2011. — С. 344—348.
19. Род Дремлик / [М. Г. Вахрамеева и др.]. // Биол. флора Московской области. — М. : Полиэкс, 1997. — Вып. 13. — С. 50—87.
20. Сидоров А. В. Репродуктивный потенциал *Epipactis helleborine* (L.) Crantz (*Orchidaceae*) в разных условиях вегетации / А. В. Сидоров, Е. Н. Сечин, О. А. Маракаев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия : Естественные науки. — 2015. — Т. 31. — №. 9 (206). — С. 23—28.
21. Собко В. Г. Орхідеї України / В. Г. Собко. — К. : Наукова думка, 1989. — 192 с.
22. Стецук Н. П. Биологические особенности и состояние ценопопуляций некоторых видов орхидных в условиях Южного Приуралья : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук : спец. 03.00.05. «Ботаника» / Н. П. Стецук. — Оренбург, 2004. — 23 с.
- 32 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2017, № 1 (68)



23. Стецук Н. П. Основные механизмы устойчивости ценопопуляций некоторых видов орхидных Южного Приуралья / Н. П. Стецук // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2006. — №. 4. — С. 93—96
24. Фардеева М. Б. Особенности пространственно-возрастной структуры корневищных орхидей в условиях антропогенного воздействия / М. Б. Фардеева, Н. А. Чижикова, О. В. Красильникова // V Любичевские чтения — «Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы». — Тольяти, 2010. — С. 195—201.
25. Фатерига О. В. Екологія запилення видів роду *Epipactis* (Orchidaceae) в Криму / О. В. Фатерига, С. П. Иванов // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. — Сімферополь: ТНУ, 2012. — Вип. 6. — С. 136—150.
26. Червона книга України. Рослинний світ / [за ред. Я. П. Дідуха]. — К. : Глобалконсалтинг, 2009. — 912 с.
27. Чопик В. И. Эталон дикорастущей флоры урбанизированных территорий—урочище «Лысяя гора» в г. Киеве / В. И. Чопик, А. Н. Краснова, А. И. Кузьмичев // Бот. журн. — 1986. — Т. 71. — №. 8. — С. 1136—1141.
28. Шепелюк М. О. Едафічні умови зростання зелених насаджень міста Луцька / М. О. Шепелюк // Науковий вісник НЛТУ України. Серія. Лісове та садово-паркове господарство. — 2016. — Вип. 26.3. — С.204—208.
29. Blinova I. V. *Chamorchis alpina* and *Epipactis helleborine* in the Murmansk Region, Russia, and assessments of the orchids in the Region using the IUCN Red List Categories / I. V. Blinova, P. Uotila // Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica. — 2011. — P. 21—28.
30. Ehlers B. K. Floral morphology and reproductive success in the orchid *Epipactis helleborine*: regional and local across-habitat variation / B. K. Ehlers, J. M. Olesen, J. Agren // Plant Syst. Evol. — 2002. — Vol. 236. — № 1–2. — P. 19—32.
31. Frank D. Biologisch-oekologische Daten zur Flora der DDR. / D. Frank, S. Klotz. — Halle-Wittenberg : Martin-Luther-Universität, 1990. — 167 s.
32. Harrap A. Orchids of Britain and Ireland: a field and site guide / A. Harrap, S. Harrap. — London : A and C Black Publishers Ltd., 2010. — 480 p.
33. Judd W. Wasps (*Vespidae*) pollinating *helleborine*, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, at Owen Sound, Ontario / W. Judd // Proc. Entomol. Soc. Ontario. — 1971. — Vol. 102. — P. 115—118.
34. Krukowski-Zdanowicz J. Ecologiczna struktura populacji *Epipactis helleborine* (L.) Crantz w Gorze Slaskiej / J. Krukowski-Zdanowicz // Prace Bot. — 1993. — S. 55—62.
35. Nieschalk A. Die Gattung *Epipactis* (Zinn) Sw. emend. LC Rich.(Stendelwurz, Sumpfwurz, Sitter) in Nordhessen: ein Beitrag zur *Epipactis*-Forschung in Deutschland / A. Nieschalk, C. Nieschalk. — Kassel. Meister, 1970. — 40 s.
36. Nieschalk A. Autogame *Epipactis*-Arten in Nordhessen / A. Nieschalk, C. Nieschalk // Jahresber. Naturw. Ver. Wuppertal. — 1970. — T. 23. — S. 98—103.
37. Parnikoza I. Flora of the Regional Landscape Park «Lysa Gora» : a preliminary analysis and management approaches / I. Parnikoza, Y. Grechyshkina // Biodiv. Res. Conserv. — 2008. — №. 11-12. — С. 65—70.
38. Parnikoza I. Y. Current state of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. and *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo populations in Kyiv and its vicinities, Ukraine / I. Y. Parnikoza, M. S. Shevchenko // Вестник Тверского государственного университета. — 2007. — Т. 36, №. 8. — С. 59—62.
39. Phylogeographic patterns, genetic affinities and morphological differentiation between *Epipactis helleborine* and related lineages in a Mediterranean glacial refugium / [V. Tranchida-Lombardo, D. Cafasso, A. Cristaudo, S. Cozzolino] // Ann. Botan. — 2011. — Vol. 107. — P. 427—436.
40. Pollinator-attracting semiochemicals of the wasp-flower *Epipactis helleborine* / [J. Brodmann, R. Twele, W. Francke, M. Ayasse] // Mitt. Deutsch. Ges. Allg. Ang. Entomol. — 2008. — Bd. 16. — S. 171—174.
41. Why do pollinators become «sluggish»? Nectar chemical constituents from *Epipactis helleborine* (L.) Crantz (Orchidaceae) / [A. Jakubská et al.] // App. Ecol. Envir. Res. — 2005. — Vol. 3. — №2. — P. 29—38.
42. Wild orchids of Britain with a key to the species / [V. S. Summerhayes et al.] // Wild orchids of Britain with a key to the species. — London : Collins, 1951. — 366 p.

И. В. Бесарабчук, С. А. Волгин

Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки

#### МЕСТООБИТАНИЕ *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ НА ТЕРИТОРИИ Г. ЛУЦКА

Исследовано распространение занесенного в Красную книгу редкого вида растений семейства *Orchidaceae* Juss. — *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. на территории г. Луцка. Выявлено 7

местоположений *E. helleborine* в городе. Подтверждена устойчивость вида к антропогенным изменениям в условиях урбанизированной среды.

*Ключевые слова:* урбанизированная территория, антропогенное давление, *Epipactis helleborine*, местонахождение, антропотолерантный вид

*I. V. Besarabchuk, S. O. Volgin*

Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine

#### THE HABITAT OF *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ ON THE TERRITORY OF LUTSK

We studied the dispersal of rare species of plants of bloodline *Orchidaceae* Juss. – *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, which are in Red List of Ukraine (since 2009), within the limits of the city Lutsk. This species belongs to Eurasian (palaeartic) type of floral elements and Eurasian geologic element. It grows in open leafy forests, rarer – in softwood and mixed forests. It propagates mainly by seeds and this fact ensures good potential of cenopopulation. In stabilized existence conditions the species retains the territory by means of the long-term self-maintenance. This species is characterized by mixed CSR life strategy. It has a wide range of basic environmental characteristics fluctuation, which allows to withstand the significant anthropogenic influence in the urbanized terrains. Usually spatial dispersal of reproductive samples of *E. helleborine* has a random character. Study materials are author's field research conducted during vegetation period of *E. helleborine* in different types of urbanized sites within the territory of Lutsk city. At this time in the territory of Lutsk city *E. helleborine* can be found in natural green zones as well as on parcels reasonably transformed by anthropogenous activity. Within the limits of the city 7 locations of *E. helleborine* were found: 1) sanitary protection zone of manufacturing plants in Karbysheva street; 2) recreational forest in Koniakhina and Karbysheva streets; 3) park named after the 900th anniversary of Lutsk, that is situated on affectedly expanded floodplain of Sapalaivka river; 4) central park of culture and rest named after Lesia Ukrainka, created on the former floodplain of the river Hlushets which is filled nowadays; 5) zoological reserve of local significance "Hnidava bog"; 6) botanic garden "Volyn" in Potebnia street, created on the location of the former open-pit mine; 7) park in Druzby Narodiv avenue and Bozhenka street, including "Oak wood" square. Isolated samples were founded out in Shopena street near Olena Pchilka Library and in Yershov street in front of PJSC "Volynoblenergo". We determined that the main habitat of this species is Park of culture and rest named after Lesia Ukrainka where the accessory factor of dispersal of seeds of *E. helleborine* is the human factor. Based on the obtained data we generated a schematic map of the location of the studied centers of dispersal of *E. helleborine* within the territory of Lutsk city. We investigated that the population of *E. helleborine* within the studied territory is characterized by significant number of samples and is limited to the roads, parkways and paths. Examined series gets through all stages of development, spreading mostly on the territory of recreation areas, showing substantial man-impact tolerance.

*Keywords:* urban areas, the anthropogenic pressure, *Epipactis helleborine*, location, anthropotolerance species

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 02.02.2017

УДК 581.9 (477.41)

С. М. БЛЯВСЬКИЙ, С. С. МОРОЗЮК

Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, Київ, 01601

## **УРБАНОФЛОРА М. БІЛА ЦЕРКВА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ (СИСТЕМАТИЧНИЙ ТА БІОМОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ)**

Наведено результати систематичного та біоморфологічного аналізів урбанofлори міста Біла Церква Київської області. На території міста та його околиць виявлено 930 видів судинних рослин з 108 родин та 4 відділів. Згідно проведених досліджень більшість видів є гемікриптофітами (48,9%) та трав'янистими полікарпіками (50%), безкореневищними (60%) безрозетковими (52%) літньо-зеленими (72,5%) багаторічниками (71%) з стрижневою кореневою системою (57%). Досліджувана урбанofлора відповідно проведених аналізів має бореальний характер та має ознаки лісостепової зони.

*Ключові слова:* місто, урбанofлора, Біла Церква, гемікриптофіт, полікарпик

**Вступ** На сучасному етапі розвитку біосфери головним наслідком впливу людини на природу і передусім на фітосферу є синантропізація рослинного покриву, що призводить до космополітизації і збіднення флори міських агломерацій. Саме тому всебічне дослідження сучасного стану урбанofлор та динамічних змін, які відбуваються в них, є однією з найактуальніших проблем сучасної флорографії.

Про флору м. Біла Церква та його околиць до початку проведення даних досліджень є лише фрагментарні дані [1, 2, 3, 5, 6]. Комплексний аналіз флори і зокрема урбанofлори, не здійснювався. Мета полягала у дослідженні урбанofлори м. Біла Церква та прилеглих до міста населених пунктів, які мають спільну історію, встановлення шляхів її формування і тенденцій розвитку в умовах як основного міського середовища, так і на його околицях.

### **Матеріал і методи досліджень**

Об'єктом спеціального дослідження була обрана урбанofлора м. Біла Церква та його околиць (Правобережний Лісостеп Київщини), що обмежується адміністративними межами міста та межами прилеглих малих населених пунктів.

Сучасна Біла Церква – місто обласного підпорядкування, центр однойменного адміністративного району, розташоване на південному заході Київської області за 84 км від столиці України м. Києва і є найбільшим адміністративним, промисловим, культурним центром і транспортним вузлом Київщини.

На початок 2016 р. місто не мало відповідної до дійсності, офіційно затвердженої міської межі (і звітувало за формою 6-зем про територію міста площею 3368,0 га або 33,68 км<sup>2</sup>, яка була встановлена ще у 1963 р.). Загалом, площа території, яка фактично є містом Біла Церква (станом на кінець 2016 р., затверджена офіційним генеральним планом м. Біла Церква Київської обл.) складає 6318,96 га або 63,19 км<sup>2</sup> [4]. На території міста знаходиться понад 20 об'єктів зеленої зони (парки, сквери, алеї, бульвари тощо) та Державний дендрологічний парк „Олександрія” НАН України.

Згідно фізико-географічним районуванням України місто та його околиці належать до Північно-Східної Придніпровської височинної та Київської височинної областей Подільсько-Придніпровського лісостепового краю Лісостепової недостатньо зволоженої теплої зони Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни [7].

Відповідно до геоботанічного районування досліджувана територія належить до Голарктичного домініону, Європейсько-Сибірської лісостепової області, Східно-Європейської провінції, Подільсько-Середньопридніпровської підпровінції та до Старокостянтинівсько-Білоцерківського (Правобережного західно-північного) округу. Більшу частину досліджуваної території Білоцерківського р-ну займають долини р. Рось та її приток, що перетинають

території дубових, менше дубово-грабових лісів і лучних степів, остепнених лук та низинних засоленних лук Козятинсько-Сквирського та Білоцерківського геоботанічних р-нів [7].

Згідно ботаніко-географічного районування Київської обл. м. Біла Церква та його околиці розташоване майже в центрі Правобережного Лісостепу. У формуванні флори як Київської обл. загалом, так і р-ну беруть участь мультирегіональні, голарктичні, палеарктичні, неморальні, бореальні, степові та середземноморські види рослин [13].

Вивчення видів здійснювалося за допомогою маршрутного методу безпосередньо у природі та напівстаціонарного дослідження урбанofлори, що супроводжувався збиранням гербарію, фотографуванням, метричними вимірами з наступною камеральною обробкою зібраного матеріалу із застосуванням математичної обробки параметрів і характеристик, а також на основі опрацювання гербарних матеріалів Гербаріїв KW, LWS, Державного дендропарку "Олександрія" НАНУ (ВСК\*), Білоцерківського краєзнавчого музею, що стосувалися флори даного міста упродовж 2010-2016 рр. Були охоплені всі типи міських та приміських екотопів з різним ступенем антропоічного навантаження.

### Результати досліджень та їх обговорення

В основу дослідження урбанofлори покладено класичний порівняльний морфолого-географічний метод, що включає ідентифікацію видів судинних рослин за морфологічними ознаками, аналіз їхнього географічного поширення та еколого-ценотичної приуроченості.

Територія досліджуваного міста умовно поділена на урбан- та субурбанзони, у свою чергу до урбанзони включені зони розрідженої та ущільненої забудови, промислова зона та азонльний елемент, до субурбанзони – зелена зона міста та природні ділянки околиць. Територія міста поділена також на умовно природні (залишки природних лісів, лук, боліт тощо, а також об'єкти ПЗФ), напівприродні (фрагменти природних залишків, що знаходяться на території міста і відведені під рекреаційні зони) та антропоічні типи екотопів (прийняті за В.В. Протопоповою) [10, 11].

Урбанofлору ми розуміємо як систему популяцій видів, які спонтанно поселилися в межах міської території та зеленої зони, що дозволяє достатньо об'єктивно враховувати не тільки склад флори, але і характер природної та синантропної рослинності в системі рослинного покриву міста.

Критичний анотований список флори м. Біла Церква та його околиць складений за системою А.Л. Тахтаджяна [16, 17] з врахуванням пропозицій С.Л. Мосякіна [8, 9], включає 930 видів з 501 роду і 108 родин, що належать до 54 порядків з 6 класів та 4 відділів. Родини та роди усередині класів та відділів розташовані в алфавітному порядку латинських назв. Найменування таксономічних одиниць наводяться відповідно до роботи S.L. Mosyakin & M.M. Fesoronchuk... (1999) [14]. Цей критичний список флори, не претендуючи на абсолютну ідентичність реальній флорі, в даний час є найповнішим, що охоплює систему популяцій видів, які спонтанно поселилися в межах міської території і зеленої зони Білої Церкви і які трактуються як урбанofлора.

Найважливішим якісним показником флори вважається її систематична структура, яка виглядає так: відділи *Equisetophyta* (1 родина, 1 рід, 6 видів); *Polypodiophyta* (6 родин, 6 родів, 8 видів); *Pinophyta* (2 родини, 7 родів, 15 видів); *Magnoliophyta* (99 родин, 487 родів, 900 видів, з яких: клас *Magnoliopsida* - 3 родини, 5 родів, 6 видів, *Liliopsida* - 22 родини, 95 родів, 191 вид, *Rosopsida* - 74 родини, 387 родів, 703 види). Співвідношення видів у класах *Magnoliopsida*, *Liliopsida*, *Rosopsida* складає відповідно 1: 31,8: 117,2. У флорі міста середнє число видів, що припадають на одну родину, складає 8,6, а число видів, що припадають в середньому на один рід – 1,9.

Під час аналізу флор в сучасній флорографії перевага належить 10-12 провідним родинам, що відображають основну частину флористичного спектру. Наявність таких провідних родин характерна для флор Голарктики і, відповідно, для конкретної флори м. Біла Церква та його околиць. Аналіз флористичного спектру показав, що 22 родини мають рівень видової різноманітності вище середнього показника і включають 664 види (71,4 %). Провідними за кількістю видів є 11 родин (534 види, 57%): *Asteraceae* (107), *Poaceae* (88),

*Brassicaceae* (53), *Fabaceae* (52), *Rosaceae* (51), *Lamiaceae* (45), *Caryophyllaceae* (33), *Apiaceae* (32), *Ranunculaceae* (28), *Cyperaceae* (23), *Boraginaceae* (22).

Таким чином, невелике число родин відіграє провідну роль у видовій різноманітності, але кількісно переважають родини з невеликим числом видів (1-8), що характерно для голарктичних флор.

За родовою різноманітністю 29 родин мають високий рівень (370 родів, 74%) родової різноманітності (більше 2 родів та 7 видів), у 56 родинях цей рівень нижчий за середній, а 23 родини представлено лише одним родом та видом. В той же час справедливим буде твердження, що таксони вищого рангу з великою кількістю видів відіграють важливішу роль у формуванні рослинного покриву, ніж таксони такого ж рангу, що містять менше число видів. Однаково справедливим є і наступне твердження: таксони, що містять порівняно невелику кількість видів, можуть відіграти не менш важливу роль у формуванні рослинного покриву, ніж таксони такого ж рангу, що містять більшу кількість видів. Це особливо характерно для техногенних екотопів урбанофлор стосовно рудеральних видів, сконцентрованих в певних родинях (*Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae*, *Plantaginaceae* та ін.). Прикладом таких "рудеральних родин" може слугувати родина *Chenopodiaceae* (13 ранг, 15 видів), яка містить переважно бур'янові рослини і відіграє важливу роль у формуванні флори техногенних екотопів урбанофлори досліджуваного міста і флори Київщини в цілому (11 місце, 42 види) [13].

Флора м. Біла Церква та його околиць містить 308 монотипних родів і 193 політипних роди, причому 52 провідних політипних роди становлять 31,2% всієї флори (290 видів). Провідними за кількістю видів родами є *Carex* (15), *Trifolium*, *Allium*, *Poa* (всі по 9 видів), *Ranunculus*, *Populus*, *Spiraea* (всі по 8 видів), *Campanula*, *Rumex*, *Vicia*, *Euphorbia* (всі по 7 видів), *Veronica*, *Artemisia*, *Potentilla*, *Viola*, *Chenopodium*, *Festuca*, *Atriplex*, *Malva*, *Acer*, *Equisetum*, *Iris*, *Amaranthus* (всі по 6 видів). Загалом політипні роди досліджуваної флори нараховують 619 видів (67%) і мають такий спектр: по 2 види входять до 94 родів, по 3 – до 47, по 4 – до 21, по 5 – до 8, по 6 – до 12, по 7 – до 4, по 8 – до 3, по 9 – до 3, і найбільше 1 рід (*Carex*) нараховує 15 видів.

Таким чином, спектр родів флори досліджуваного міста суттєво не відрізняється (за винятком роду *Carex*, роль якого зумовлена екологічними особливостями ряду екотопів урбанофлори) від такого інших антропогенно трансформованих флор.

В основу проведення біоморфологічного аналізу досліджуваної урбанофлори нами покладені традиційні системи Серебрякова [12] та Raunkiaera [15].

Спектр життєвих форм досліджуваної флори за біологічними типами Раункієра (клімаморфи) характеризується переважанням гемікриптофітів (455 видів, або 48,90% від загального числа видів), терофітів (206 видів, 22,15%) і криптофітів (110 видів, 11,80%), з яких переважна більшість - геофіти (99 видів, або 10,65% від загального числа видів). Хамефіти представлені 18 видами (2%) і фанерофіти - 141 видом (15,20 %).

Структура життєвих форм за загальним габітусом і тривалістю життєвого циклу за Серебряковим (біоморфи) в дослідженій флорі є такою, де переважають трав'янисті полікарпіки - 465 видів (50% від загального числа видів флори). Друге місце за чисельністю займають трав'янисті монокарпіки - 307 видів (33%). Деревні рослини також є досить численною групою: дерев налічується 67 видів (7,2%), кущів - 68 видів (7,3%). Мінімальною в урбанофлорі є кількість напівкущів і напівкущиків – 17 видів (1,83%), крім того зустрічаються 6 видів ліан та 6 видів паразитів і напівпаразитів.

В урбанофлорі м. Біла Церква переважають багаторічники - 663 види (71% від загального числа видів флори), однорічників - 176 видів (19%) і найменше - дворічників 91 вид (10%). Характерним є те, що велику кількість однорічників складають адвентивні рослини, які часто проникають в нові місцезнаходження через "міграційні коридори" з субстратами (насипи залізниць, узбіччя автомагістралей), що найбільше відповідають ксерофільним видам з більш південних районів.

Під час аналізу структури надземних пагонів за розташуванням листків всі види були розподілені на три групи: безрозеткові, напіврозеткові і розеткові рослини. Переважна більшість видів досліджуваної флори належить до безрозеткових рослин – 480 видів (52%).

Напіврозеткові рослини становлять 40% від загальної кількості видів (375 видів), а розеткових рослин найменше - 75 видів (8%). Отримані дані свідчать про різноманіття сциогеліомезотермних типів місцезростань у складі узлісних, бореально-неморальних, лісово-лучних ценозів.

За типом (періодом) вегетації у досліджуваній флорі переважають літньо-зелені рослини – 674 види (72,5%). Літньо-зимовозелені представлені значно меншою кількістю видів – 210 (22,5%), що є результатом бореального характеру клімату (наявність тривалого зимового періоду). Участь вічнозелених видів у флорі незначна – 46 видів (5%). Група ефемерів та ефемероїдів у складі досліджуваної флори представлена незначною кількістю видів – 16 (1,5%) та 27 (3%) відповідно.

В цілому для урбанofлори м. Біла Церква та його околиць характерний бореальний тип вегетації, який підтверджується переважанням літньо-зелених видів, що зумовлено подовженим зимовим періодом, а також незначною роллю ефемерів та ефемероїдів, характерних для аридних територій.

Аналіз особливостей структури кореневої системи та підземних пагонів в масштабах флори, що відображають характер субстрату і певною мірою його гігрофітні властивості, показує явне переважання в конкретній дослідженій флорі безкореневищних видів (560 або 60%), з яких зі стрижневою кореневою системою – 534 види (57%). Кореневищні види рослин становлять 39,5% (365 видів), що вказує на домінування мезофітних місцезростань. Переважна більшість - це короткокореневищні види (199 видів, 21,5%), та довгокореневищні (116 видів, 12,5%), цибулинних рослин - 36 видів (3,9%). Бульбокореневищні (13 видів) та бульбоцибулинні (1 вид) становлять 1,5%, а безкореневих видів всього 5 (0,5%).

В цілому біоморфологічна структура досліджуваної флори відповідає переважно лісостеповому характеру флори України та такою, що можна вважати достатньо типовою для флор антропогенних трансформованих територій з поправкою лише на незначне переважання геофітів і гідрофітів, що пояснюється своєрідністю еколого-ценотичних і екотопологічних особливостей досліджуваної флори.

Встановлені співвідношення характеризують досліджувану флору як близьку до флори лісостепової зони.

### Висновки

На території міста та його околиць виявлено 930 видів судинних рослин з 108 родин, 54 порядків, 6 класів та 4 відділів. 22 родини мають рівень видової різноманітності вище середнього показника і налічують 664 види (71,4%). Провідними родинами за кількістю видів є *Asteraceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae* та ін. 29 родин має високий рівень (74%) родового багатства (більше 2 родів та 7 видів), у 56 родин цей рівень нижчий за середній. 23 родини представлено лише одним родом з одним видом.

Урбанofлора м. Біла Церква та його околиць включає 308 родів, представлених одним видом, і 193 політипних роди, причому 52 провідних політипних роди становлять 31,2% всієї флори (290 видів). Провідними за кількістю видів родами є роди *Carex*, *Trifolium*, *Allium*, *Poa*, *Ranunculus*, *Populus*, *Spiraea*, *Campanula*, *Rumex*, *Vicia* та ін.

Біоморфологічний аналіз свідчить, що більшість видів належать до гемікриптофітів (455 видів, 48,9%) та трав'янистих полікарпиків (465 видів, 50%). Переважна більшість видів є безкореневищними (560 видів, 60%), безрозетковими (480 видів, 52%), літньо-зеленими (674 види, 72,5%), багаторічниками (663 види, 71%) з стрижневою кореневою системою (534 види, 57%). В цілому біоморфологічна структура досліджуваної флори відповідає переважно лісостеповому характеру флори України та їй можна вважати достатньо типовою для флор антропогенних трансформованих територій.

Досліджувана урбанofлора відповідно проведених аналізів має бореальний характер та ознаки флори лісостепової зони.

1. *Бортняк М. М.* Нові відомості про поширення деяких видів родини Rosaceae на Київщині / М. М. Бортняк // Укр. бот. журн. — 1981. — 38, № 3. — С. 47—50.
2. *Бортняк М. М.* Нові знахідки адвентивних рослин на території Київської області / М. М. Бортняк // Укр. бот. журн. — 1978а. — 35, № 2. — С. 127—130.
3. *Бортняк М. М.* Нові знахідки флори Київщини / М. М. Бортняк // Укр. бот. журн. — 1978б. — 35, № 4. — С. 356—361.
4. *Генеральний план м. Біла Церква Київської області. Управління містобудування та архітектури Білоцерківської міської ради Київської області / ДП «НДП Містобудування» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. — К.: ДП «НДП Містобудування», 2016. — 50 с.*
5. *Гродзінський М. К.* Матеріали до флори Білоцерківщини / М. К. Гродзінський // Записки Білоцер. с/г. політехнікуму. — 1929. - Вип. 1. — С. 9—22.
6. *Гродзінський М. К.* Природня рослинність Білоцерківщини / М. К. Гродзінський // Рослинність Білоцерківщини. — Біла Церква, 1928. - Вип. IV. — С. 5—33.
7. *Дідух Я. П.* Геоботанічне районування України та суміжних територій / Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. // Укр. бот. журн. — 2003. — Т. 60, № 1. — С. 6—17.
8. *Мосякін С. Л.* Родини і порядки квіткових рослин флори України: прагматична класифікація та положення у філогенетичній системі / С. Л. Мосякін // Укр. ботан. журн. — 2013. — Т. 70, № 3. — С. 289—307.
9. *Мосякін С. Л.* Прагматична філогенетична класифікація спорових судинних рослин флори України / Мосякін С.Л., Тищенко О.В. // Укр. ботан. журн. — 2010. — Т. 67, № 6. — С. 802—817.
10. *Протопопова В. В.* Адвентивні рослини Лісостепу і Степу України / В. В. Протопопова. — К.: Наук. думка, 1973. — 192 с.
11. *Протопопова В. В.* Синантропная флора Украины и пути её развития / В. В. Протопопова. — К.: Наук. думка, 1991. — 204 с.
12. *Серебряков И. Г.* Жизненные формы растений и их изучение / И. Г. Серебряков // Полевая геоботаника. — М.; Л.: Наука, 1965. — Вып. 3. — С. 146—205.
13. *Собко В. Г.* Визначник рослин Київської області / В.Г. Собко, Л.П. Мордатенко. — Київ.: Фітосоціоцентр, 2004. — 374 с.
14. *Mosyakin Sergei L.* Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural checklist / Mosyakin Sergei L., Fedoronchuk Mykola M. // National Academy of sciences of Ukraine. M.G. Kholodny institute of botany / Sergei L. Mosyakin (ed.). — Kiev, 1999. — 345 p.
15. *Raunkiaer C.* Life forms of plants and statistical plant geography / C. Raunkiaer. — New York; London, 1934. — 352 p.
16. *Takhtajan A.* Flowering plants. — Berlin: Springer Verlag (Springer Science+Business Media B.V.), 2009. — xlvii — 872 p.
17. *Takhtajan A. L.* Diversity and classification of flowering plants New York / A. L. Takhtajan. — Columbia University Press, 1997. — 663 p.

*С. Н. Белявский, С. С. Морозюк*

Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова

#### УРБАНОФЛОРА Г. БЕЛАЯ ЦЕРКОВЬ КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ И БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ)

Приведены результаты систематического и биоморфологического анализов урбанофлоры города Белая Церковь Киевской области. На территории города и его окрестностей выявлено 930 видов сосудистых растений из 108 семейств и 4 отделов. Большинство видов, согласно проведенным исследованиям, относятся к гемикриптофитам (48,9%) и травянистым поликарпикам (50%), являются безкорневищными (60%) безрозеточными (52%) летне-зелеными (72,5%) многолетниками (71%) с стержневой корневой системой (57%). Исследуемая урбанофлора, согласно проведенным анализам имеет бореальный характер и признаки флоры лесостепной зоны.

*Ключевые слова:* город, урбанофлора, Белая Церковь, гемикриптофит, поликарпик

*S. M. Biliavskiy, S. S. Moroziuk*

M. P. Dragomanov National Pedagogical University, Ukraine

URBAN FLORA OF BILA TSERKVA TOWN OF KYIV REGION (SYSTEMATIC AND MORPHOLOGICAL ANALYSES)

The results of systematic and biomorphological analyses of urban flora of Bila Tserkva town of Kyiv region are presented. 930 species of vascular plants, which belong to 108 families, 54 orders, 6 classes and 4 divisions, were identified in the town and its suburbs. 22 families are characterized by a higher level of species diversity and include 664 species of plants (71.4%). The families of *Asteraceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae* etc. dominate, i.e. their plant species are the most numerous. 29 species display high level of genus diversity (more than 2 genera and 7 species in each genus), 56 families have a lower level of genus diversity, 23 families are represented by one genus with one species only.

Urban flora of Bila Tserkva town and its suburbs include 308 genera represented by one species and 193 polytypic genera. The study shows that 52 dominant polytypic genera constitute 31.2% of the whole flora (290 species). *Carex*, *Trifolium*, *Allium*, *Poa*, *Ranunculus*, *Populus*, *Spiraea*, *Campanula*, *Rumex*, *Vicia* etc. are dominant genera with the greatest number of plant species.

According to biomorphological study most species are hemicryptophytes (455 species, 48.9%) and herbaceous polycarpics (465 species, 50%). The majority of species don't have a rhizome (560 species, 60%) and a rosette (480 species, 52%), they are summer-green (674 species, 72.5%) and perennial (663 species, 71%) and have a taproot system (534 species, 57%). Overall biomorphological structure of studied flora is characteristic of Forest-Steppe flora of Ukraine and can be considered typical of floras of transformed anthropic areas.

The results of the study indicate that the urban flora is boreal in character and has features characteristic of Forest-Steppe zone.

*Keywords: town, urban flora, Bila Tserkva, hemicryptophyte, polycarpic*

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 26.12.2016

УДК 582.4/9: 574.45

G. BUDNIKOV

Laboratory for Nature Conservation, Uzhgorod National University  
32 Voloshyna St., UA-88000 Uzhgorod, Transcarpathia, Ukraine

**LIFE CYCLE OF GALANTHUS NIVALIS L.**

**Abstract:** Morphogenesis (or minor life cycle) and ontogenesis (or major life cycle) of *Galanthus nivalis* L. are given in this article. The length of minor and major life cycles is established. Phases of monocarpic shoot development within the bud and its further development are described. The seasonal development of *G. nivalis* is described too. On the basis of the analysis of *G. nivalis* ontogenesis four periods of age stages and seven age groups are distinguished. Multivariate ways of development of individuals are described.

*Keywords: Galanthus nivalis* L., morphogenesis, renewal bud, monocarpic shoot, seasonal rhythm of development, ontogenesis, age stages, age groups

**Introduction.** Among the important studies devoted the structure of the underground organs of bulb plants, works of Irmisch [21, 22] are distinguished, which contain detailed morphological description of bulbous representatives of the *Liliaceae* and *Amaryllidaceae* families, as well as bulb-tuberous representatives of the *Iridaceae* family. In works of Velenovský [31] and Kirchner, Loew & Schröter



[23] we find important information on the morphology of bulbs. Work of Troll [30]), dedicated to the comparative morphology of bulbous plants is deserved attention too. Problems of development of plants have an important place in this work. For the first time author gave an analysis and schematically depicted three-year period of development of generative bulbs *G. nivalis*. But the concepts of the annual cycle of development, morphogenesis of monocarpic shoot and complete ontogenesis are not clearly delimited and defined. Only fragmentary information on all these issues is contained in the work that is interwoven with problems of vegetative reproduction, comparative characteristic and so on. Some characteristics of *G. nivalis* bulbs structure on the basis of the analysis of 25 specimens compared with once of *Leucojum aestivum* L. and *L. vernum* L. are described in the work of Voss [32]. The above authors examined morphology of bulbs regardless of stages of development and environmental conditions.

Complex monographic study (including cycle of development) of *Galanthus* species in nature and in culture in Ukraine was carried out by Melnyk et Didenko [6].

A series of observations on the life cycle, phenology, and germination capacity of *G. nivalis* and some other early spring-flowering plants were made by Abrami [20]. It is showed, the various stages of life cycle of studied plants require different optimal thermoperiods.

Seed development and maturation of *G. nivalis* and *Narcissus pseudonarcissus* were studied by Newton et al. [26] to better understand the progression from developmental to germinable mode in order to improve seed collection and germination practices in these and similar species.

The relationship between phonological data and concurrent large scale meteorological data was examined by Maak et Storch [24].

In series of recent works we can find results of research of various physiologic aspects of *G. nivalis*. Thus, seed dormancy induction and alleviation in the moist temperate woodland species, which are *G. nivalis* and *Narcissus pseudonarcissus* were examined by Newton et al. [27]. In particular, temperature, light and desiccation were investigated to elucidate their role in the germination ecophysiology of the above mentioned species. Flowering biology as well as the topography, anatomical, and ultrastructural features of the floral nectary of *G. nivalis* are shown in the work of Weryszko-Chmielewska & Chwil [33]. The flower lifespan, the breeding system, and the mass of pollen and nectar produced by the flowers were determined and these results were elucidated in the article. The nectary structure was examined under electron microscopy too. Results of study of photosynthetic competence in vegetative and reproductive structures of *G. nivalis* by the use of chlorophyll (Chl) fluorescence techniques as well as of oxygen exchange measurements are shown in work of Aschan & Pfanz [19].

Morphogenesis of monocarpic shoot of bulbous and bulb-tuberous geophytes in relation to the seasons is elucidated in works of Skripchinskij jun. [12, 14], Skripchinskij sen., Dudar, Skripchinskij jun. & Shevchenko [10] and others. Quite complete information about bulb morphology as well as a brief outline of *G. nivalis* development in cultivation are presented in the monograph of Artjushenko "Amaryllidaceae of the USSR" [1].

Thus, there is lack of works in literature, in which morphogenesis of *G. nivalis* is described in detail.

Best of all methodological problems of ontogenesis and morphogenesis are elucidated in works of the above authors (Skripchinskij sen., Dudar, Skripchinskij jun. & Shevchenko [10] and Skripchinskij jun. [13]). Ontogenesis of many ephemeroïd geophytes of Russia is studied in details by the same authors [9, 11, 15]. General principles and problems of study of major life cycle can be found also in the work of Berko [2]. Author presented a detailed scheme of periodization of major life cycle of vegetatively mobile plants and for the first time he identified aclonal and clonal subcycle of ontogeny.

Shorina & Prosvirnina [18] studied peculiarities of major life cycle of *Galanthus woronowii* Los. in Western Transcaucasia. General questions of development of bulbous plants are elucidated in the work of Troll [30]. Some features of the ontogeny of *G. nivalis* from seed germination to flowering are described by Artjushenko [1]. Detailed morphological description of generative plants is carried out by Irmisch [21, 22], Velenovský [31], Troll [30], Speta [29].

Thus, there are no information in the literature on the life cycle of *G. nivalis* from seed germination to the natural death of the plant.

*G. nivalis* is a perennial plant with a distinctive specialized organ of vegetative reproduction – bulb (Fig. 1). According to the Raunkiaer [28] classification of life forms of plants, in which location and method of protecting of renewal buds during unfavorable season (cold and dry) is taken as a basis, *G. nivalis* belongs to geophytes, i.e. plants, renewal buds of which during unfavorable seasons are hidden in the soil at a shallow depth (a few centimeters). According to the phylogenetic scheme of basic types of life forms of angiosperms and conifers developed by Serebrjakov [8] the object belongs to a division of ground herbs of type of polycarpic herbs.



Fig. 1. *Galanthus nivalis* L.

### Material and methods

Specimens from natural population of Transcarpathian Lowland, located near the village Vorochevo, Perechynsky district, Transcarpathian region, Ukraine (130 m above sea level) were used to study life cycle of *G. nivalis*. Observations on the seasonal development of plants were carried on by the method of periodic registration of their phenological state. The morphological changes were noted. Successive changes of the plant appearance were fixed. In some cases phenological observations were provided by phonometric measurements. Minor life cycle was studied by preparing bulbs. During the vegetation season each decade five generative plants were dug up from the soil and a detailed morphological analysis was carried out. Major life cycle study has been carried out on transects, laid by randomization method. Transects were divided into square plots of 1 m<sup>2</sup>. All individuals of this species on the plot have been dug up and their age stages were determined. Biomorphological characteristics of plants in each age group and the subgroup have been estimated using the data of measurement of 15 specimens. Age stages have been determined according to Rabotnov scheme [7] completed by Smirnova et al. [17].

### Results

Bulb of *G. nivalis* is perennial, tunicate, with monopodial type of branching (Fig. 2). Müller-Doblies [25] points out sympodial branching of *G. nivalis*, with which we can not agree. The bulb is consisting of scales of two types: scales, formed by basal leaves and scales, formed by the bases of the assimilating leaves. Three scales develop yearly, one of which is formed by the basal leaf and two others are formed by the bases of the assimilating leaves. Two scales are concentric, and the third one,

formed by the base of the leaf, preceding the flower, is not closed. The scales and leaves are attached to the bottom of the bulb, i.e. to the shortened stem with very closely approximated internodes.

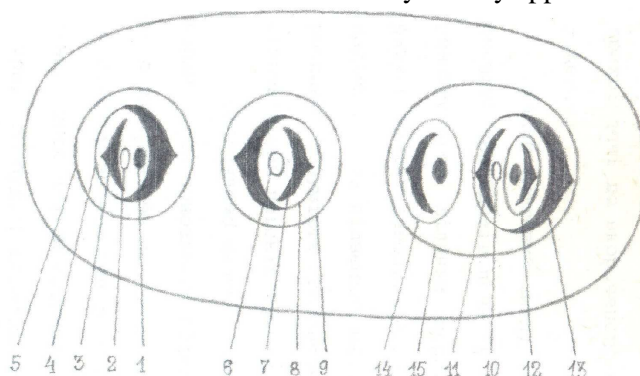


Fig. 2. Horizontal section of the bulb of *Galanthus nivalis* L.: 1 – growing point; 2, 6, 10 – flowers of shoots of different ages; 3, 4 assimilating leaves of the renewal shoot of the current year; 5 basal leaf of the renewal shoot of the current year; 7, 8 assimilating leaves of the renewal shoot of the last year; 9 basal leaf of the renewal shoot of the last year; 11, 13 assimilating leaves of the renewal shoot of the year before last; 12, 14 lateral vegetative shoots; 15 basal leaf of the renewal shoot of the year before last.

Minor life cycle is a characteristic of shoots life duration from developing of bud on the shoot of previous order to the death of all its parts. Phases of morphogenesis are the main stages of life form forming and its degradation during ontogeny. Minor life cycle or morphogenesis of monocarpic shoot includes the period from the beginning of its founding as undifferentiated area of meristem, then includes within the bud phase of development of shoot, its further development and then the death of all aboveground and underground structures. Annual cycle of development of plant means the development of all ages shoots, composing this plant during the year [5].

Let us analyze the minor life cycle of *G. nivalis*. Every year a new renewal shoot develops from a bud that is laid in the bulb before two years of realization of this shoot. At the beginning of the season of development (late February) well-formed vegetative and generative structures that will develop in the current year are in the bulb as well as the rudiments of vegetative structures in the renewal bud of next year.

After the blossom has fallen the processes of differentiation take place in the renewal bud of next year. Scales and leaves laid down during the previous season increase in size as well as flower shoot begin to form. Soon knob of new renewal bud is formed. Thus, there are two renewal buds in the bulb which are at different stages of development. At the same time, lateral renewal buds which are the organs of vegetative reproduction start to develop in the axils of the assimilating leaves.

Intensive processes of differentiation take place in both renewal buds during the summer. Successive formation of parts of the flower takes place in the renewal bud, laid down during the previous season: at first three segments of outer perigonium are formed, then three segments of inner perigonium are formed, after them outer and inner circles of stamens are formed. After the anthers lay down the nests of ovary are formed. Then the formation of pollen and seed buds takes place.

In late summer the flower stalk with a completely formed flower can be seen in the bud, laid down during the previous season, and the new renewal bud with two leaves is by the flower stalk base. During this period, the most intensive formation of new roots takes place (there are much less new roots in spring). During the cold period growth processes are very slow.

Intensive growth of all organs begins in spring. The above-ground part of shoot grows intensively and at the end of the period of above-ground vegetation the renewal bud, laid down during the previous season begins to grow and differentiate again. Later a knob of new renewal bud is laid by the flower stalk base and the cycle repeats.

Thus, minor life cycle is completed within three years (36-38 months). In the first year rudiments of assimilating leaves and scales are formed in renewal bud, in the second year reproductive structures are formed, and in the third season (second calendar year of development) the plant comes into flower. The bulb scales in this development cycle retain their vitality for one year more, and then die away.

Seasonal development of *G. nivalis* is divided into two main periods: above-ground, connected with the appearance of leaves and flowers and underground, connected with the processes taking place in the bulb.

Terms of the beginning and the end of the season of development mainly depends on the altitude and weather conditions this year. When winter is long and cold, and spring is late the vegetation season can start later.

During the seasonal development following phenological phases are clearly observed: the beginning of development, flowering, seed ripening, dying out of the above-ground part of plants and semination. In the Transcarpathian Lowland development of *G. nivalis* usually starts in late February. Leaves and flower stalks appear at the same time. Flowering starts when the leaves have reached more than half of the maximum size and goes on up to three weeks. In the middle of May leaves and flower stalks turn yellow and then die away. Fruits ripen on the ground and burst open later – in early June. Thus, the average duration of vegetation is 4 - 4.5 months. After dying away leaves and flower stalks, a period of rest comes. At higher altitudes, the terms of development shift and shorten to some extent.

According to phenological rhythmical type the studied object belongs to plants with early spring flowering and summer-winter rest.

An important biomorphological feature of *G. nivalis* is that its bulbs are characterized by self-regulation of depth. When planting depth, secondary meristem on some level of underground part of flower stalk occurs, the result of which thickening is formed. In the lower part roots are formed, and above the thickening sheath and leaves are formed that turn than to storing scales. During the developmental season, a new bulb with storing scales and renewal bud is formed.

According to Kuperman [5], ontogeny is a living of organism from the moment of zygote or vegetative bud to natural death.

On the basis of the analysis of *G. nivalis* ontogeny four age stages and seven age groups are distinguished.

#### I. Latent stage

Sm (seeds). The seeds are round, yellowish-white, with well-developed endosperm, containing much starch in the early stage of development. Elaioplasts develop from the chalazal area, which consist mostly of thin-walled cells, rich in fats [4]. Weight of 1000 seeds is 10,554 - 12,067 g.

#### II. Pregenerative stage

P (seedlings). Fresh seeds, having poured out of the boll in June, germinate on the forest floor after four months, in late September. The seed coat bursts next to the mikropyle, than the primary root and the cotyledon sheath appear. During some days they grow intensively down into the soil, then the first green leaf breaks through the cotyledon sheath, comes out of the forest floor to a few centimeters. Then their growth slows down, leaf blade dies, and in this condition the sprout hibernates. Some seeds germinate in spring.

J (juvenile plants). In spring the green leaf comes out of the soil, developing its green blade. The blade is narrow, linear, without a central vein. The primary root comes downward out of the forest floor layer and enters the soil. By that time the endosperm is already exhausted, connection with the seed is lost and the plant begins to independent autotrophic nutrition. At the end of the aboveground development the closed sheath of the green leaf enlarges, forming the only storing scale of the monopodial bulb. The bulb is covered outside with glumiferous scales, formed by the cotyledon sheath. By late May, the leaf blade dies away, and the stage of summer rest begins.

In the second year some adventitious roots develop. They start growing since autumn. In spring two leaves appear: one is a basal sheath leaf, the other is a middle assimilating leaf. At the end of the developmental season the sheaths of both leaves enlarge and turn into storing scales.

Im (immature plants). During the next 1-2 years two leaves form yearly, a basal leaf and a middle one. Leaf blade is wider than the juvenile plants and a central vein appears. The number of fleshy scales grows to 3-4, that of dry glumiferous ones – to 2-3.

V (virgin plants). Annual increment of the virgin specimen is three leaves: a basal leaf and two middle leaves. All vegetative organs of the virgin specimens are conspicuously larger, those of the plants of all the preceding age groups, and they enlarge annually. In the root system two types of roots can be found, i.e. feeding roots, which are thin, coiled, growing mainly horizontally, and anchoring (contractile), thicker roots, growing downward, having distinct folds in the basal part.

III. Generative stage

G (generative plants). *G. nivalis* is going to flower usually of age 4-5 years. In specimens of this age group, unlike the previous groups, the upper middle leaf sheath is not closed. From the axile bud of the upper middle leaf a flower stalk appears. Thus, even if the bulbs are going to flower, they retain monopodial growth. A lateral generative shoot bears one bractal membranous leaf and one flower. In the group of generative plants we found specimens among which there is a break in flowering. They have the rest of the flower stalk, which stops their growth at different stages of development.

IV. Postenerative stage

S (senile plants). These individuals occur within the populations very rarely. So this age group is singled out somewhat conventionally. This is a very weakened, dying plants. Senile individuals are characterized by losses in the ability of flowering, fruiting and vegetative reproduction. Stopping of growth of all organs can be observed too. The depth of the bulbs of the senile plants is less than that of the generative plants, sometimes rotting of bulbs can be observed.

**Discussion**

According to the classification worked out by Smirnova [16], on the life cycle duration *G. nivalis* should be qualified as a plant with long ontogeny (at least 12-15 years) and according to its development rate it should be characterized as a plant with the slow duration of pregenerative period (4-5) years. Generative reproduction cycle is not long (3-5 years), vegetative – short (2-3 years). Judging by the peculiarities of the major life cycle, *G. nivalis* can be classified as a type of monocentric biormorphs with complete early nonspecialized disintegration [17].

In course of ontomorphogenesis of *G. nivalis* the following stages take place: primary shoot (p-im), primary bush (v-g), bushy particle (g).

The studies of *G. nivalis* ontogeny have shown that it is characterized by multivariate ways of development of some morphogenetic phases; it can be confirmed in existence of clonal and unclonal subcycles of development (Fig. 3). According to the classification of age categories of herbaceous plants, worked out by Berko [2] *G. nivalis* should be qualified as a plant with unclonal and clonal subcycles of ontogeny with considerable prevalence in Transcarpathian populations the first subcycle. Virgin and generative specimens can reproduce by vegetative way. Daughter individuals belong to virgin and generative age groups. Among generative plants, as we noted above, there is a break in flowering.

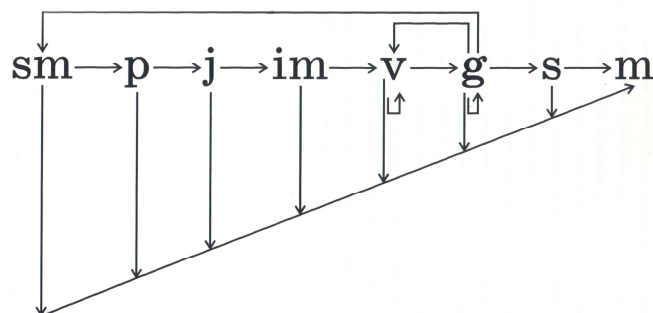


Fig. 3. Scheme of multivariate ways of ontogeny of *Galanthus nivalis* L.: sm-s – indices of age groups, m – dying out.

## Conclusions

Minor life cycle of *G. nivalis* is completed within 36-38 months. In the first year rudiments of assimilating leaves and scales are formed in renewal bud, in the second year reproductive structures are formed, and in the third season (second calendar year of development) the plant comes into flower. The bulb scales in this development cycle retain their vitality for one year more, and then die away.

On the basis of the combination of qualitative and quantitative features, four age stages and seven age groups of *G. nivalis* are distinguished. Multivariate ways of development of individuals, which can be confirmed in existence of clonal and unclonal subcycles of ontogenesis are established. *G. nivalis* can be classified as a type of monocentric biomorphs with complete early nonspecialized disintegration. In course of ontomorphogenesis the following phases take place: primary shoot (p-im), primary bush (v-g), bushy particle (g).

1. Артюшенко З. Т. Амариллисовые (*Amaryllidaceae* Jaume St. — Hillaire) СССР. Морфология, систематика и использование / З. Т. Артюшенко. — Л.: Наука, Ленингр. отд., 1970. — 180 с.
2. Берко Й. М. До питання вивчення і періодизації великого життєвого циклу вегетативно рухливих рослин / Й. М. Берко // Укр. ботан. журн. — 1976. — Т. 32, № 6. — С. 604—609.
3. Генкель П. А. Проблемы ботаники. Т. 1.: сборник статей / Под ред. П. А. Генкель. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — 549 с.
4. Комар Г. А. Сем. *Amaryllidaceae*. / Г. А. Комар // Сравнительная анатомия семян: Однодольные. — Л.: Наука, 1985. Т. 1. — С. 83—85.
5. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений / Ф. М. Куперман. — М.: Высшая школа, 1977. — 288 с.
6. Мельник В. І. Види роду *Galanthus* L. (*Amaryllidaceae*) в Україні: монографія / В. І. Мельник, С. Я. Діденко. — К.: НБС НАН України, 2013. — 152 с.
7. Работнов Т. А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии / Т. А. Работнов // Проблемы ботаники. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950 Вып. I. — С. 465—483.
8. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных: Учеб. пособие для ун-тов, пед. и лесотех. вузов / И. Г. Серебряков. — М.: Высш. школа, 1962. — 378 с.
9. Скрипчинский В. В. Онтогенез и морфогенез высших растений / В. В. Скрипчинский // Морфологические основы онтогенеза высших травянистых растений: Тез. докл. Всес. симп. — М., 1970. — С. 93—95.
10. Скрипчинский В. В. Методика изучения и графического изображения морфогенеза монокарпического побега и ритмов сезонного развития травянистых растений / Скрипчинский В. В., Дударь Ю. А., Скрипчинский Вл. В., Шевченко Т. Г. // Тр. Ставроп. НИИ сельского х-ва. — 1970. — Вып. 10, Ч. 2. — С. 3—15.
11. Скрипчинский В. В., Скрипчинский Вл. В. Морфологические основы онтогенеза эфемероидных геофитов и проблема его эволюционного становления. Пробл. экол. морфологии растений (Тр. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол.) / Скрипчинский В. В., Скрипчинский Вл. В. — М.: Наука, 1976. — Т. 42. — С. 167—185.
12. Скрипчинский Вл. В. Морфогенез клубневых, луковичных и корневищных геофитов от прорастания семян до наступления генеративной жизненной фазы / Вл. В. Скрипчинский // Морфологические основы онтогенеза высших травянистых растений: Тез. докл. Всес. симп. — М., 1970 а. — С. 95—97.
13. Скрипчинский Вл. В. К методике изучения онтогенеза монокарпического побега луковичных растений в связи с сезонами года / Вл. В. Скрипчинский // Онтогенез высших растений: Сообщ. Ереван. симп. — Ереван: Изд-во АН АрССР, 1970 б. — С. 101—109.
14. Скрипчинский Вл. В. Типы морфогенеза основных органов эфемероидных геофитов / Вл. В. Скрипчинский // Науч.-тех. бюл. Всес. сел.-генет. ин-та. — 1974. — Вып. 21. — С. 64—66.
15. Скрипчинский Вл. В. Эфемероидные геофиты Евразии: Автореф. дис. ... докт. Биол. Наук / Вл. В. Скрипчинский. — Новосибирск, 1987. — 32 с.
16. Смирнова О. В. Структура травяного покрова широколиственных лесов / О. В. Смирнова. — М.: Наука, 1987. — 208 с.

17. Смирнова О. В. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений различных биоморф / Смирнова О. В., Заугольнова Л. В., Торопова Н. А., Фаликов Л. Д. // Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура). — М.: Наука, 1976. — С. 14—43.
18. Шорина Н. И. Особенности большого жизненного цикла подснежника Воронова в лесах Западного Закавказья / Шорина Н. И., Просвирнина Е. А. // Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. — 1971. — № 4. — С. 65—74.
19. Aschan G. Why Snowdrop (*Galanthus nivalis* L.) tepals have green marks? / Aschan G., Pfanz H. // Flora. — 2006. — 201. — P. 623—632.
20. Abrami, G. Life cycle and temperature requirements of seven herbaceous species. / G. Abrami // Giornale botanico italiano. — 1971. — 105(6). — P. 295—318.
21. Irmisch T. Zur Morphologie der monocotylichen Knollen und Zwiebelgewächse / T. Irmisch. — Berlin: Reimer, 1850. — 286 S.
22. Irmisch T. Beiträge zur Morphologie der Amaryllideen / T. Irmisch. — Halle: Schmidt, 1860. — 76 S.
23. Kirchner O. Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas / Kirchner O., Loew E. & Schröter C. — Stuttgart, 1913. Bd. 1. Abt. 3. Lief. 17. — 736 S.
24. Maak, K., von Storch, H. Statistical downscaling of monthly mean air temperature to the beginning of flowering of *Galanthus nivalis* L. in Northern Germany. — Int J. Biometeorol. — 1997. — 41. — S. 5-12.
25. Müller-Doblies D. *Galanthus* ist doch sympodial gebaut. / D. Müller-Doblies // Ber. Deutsch. Bot. Ges. — 1971. — 84. — S. 665—682.
26. Newton, R.J. Seed development and maturation in early spring-flowering *Galanthus nivalis* and *Narcissus pseudonarcissus* continues post-shedding with little evidence of maturation in planta. / Newton, R.J., Hay, F.R., Ellis, R.H. // Annals of Botany. — 2013. — 111(5). — P. 945—955.
27. Newton, R.J. Ecophysiology of seed dormancy and the control of germination in early spring-flowering *Galanthus nivalis* and *Narcissus pseudonarcissus* (Amaryllidaceae). / Newton, R.J., Hay, F.R., Ellis, R.H. // Botanical Journal of the Linnean Society. — 2015. — 177. — P. 246—262.
28. Raunkiaer C. Plant life-forms / C. Raunkiaer. — Oxford, 1937.— 104 p.
29. Speta F. Zwiebeln — versteckte Veilfalt in einfacher Form. / F. Speta // Linzer Biol. Beitr. — 1984. — Bd. 16, № 1. — S. 3-44.
30. Troll W. Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen / W. Troll. — Berlin: Gebruder Borntraequer, 1937. Bd.1. — 955 S.
31. Velenovský I. Vergleichende Morphologie der Pflanzen / I. Velenovský. — Prag, 1907. Bd. 2. — 731 S.
32. Voss W. Bildungsabweichungen on *Galanthus nivalis* L. / W. Voss // Ost. Bot. Zeit. — 1887. — T. 37, № 5. — S. 162—164.
33. Weryszko-Chmielewska E. Flowering biology and structure of floral nectaries in *Galanthus nivalis* L. / Weryszko-Chmielewska E., Chwil M. // Acta Soc. Bot. Pol. — 2016. — T. 85, № 1. — P. 34—86.

Г. Б. Будніков

Ужгородський національний університет

#### ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ *GALANTHUS NIVALIS* L.

**Резюме:** У статті розглядаються питання морфогенезу (або малого життєвого циклу) та онтогенезу (або великого життєвого циклу) підсніжника білосніжного. Визначена тривалість малого і великого життєвого циклів. Описані етапи розвитку монокарпічного пагона у бруньці поновлення. Описаний також сезонний ритм розвитку *G. nivalis*. На основі аналізу онтогенезу *G. nivalis* виділені чотири періоди та сім вікових груп особин. Встановлена поліваріантність розвитку особин.

*Ключові слова:* *Galanthus nivalis* L., морфогенез, брунька поновлення, монокарпічний пагін, сезонний ритм розвитку, онтогенез, вікові стадії, вікові групи

Г. Б. Будников

Ужгородский национальный университет

#### ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ *GALANTHUS NIVALIS* L.

**Резюме:** В статье рассматриваются вопросы морфогенеза (или малого жизненного цикла) и онтогенеза (или большого жизненного цикла) подснежника белоснежного. Определена длительность малого и большого жизненного циклов. Описаны этапы развития монокарпического побега в почке возобновления. Описан также сезонный ритм развития

*G. nivalis*. На основе анализа онтогенеза *G. nivalis* выделены четыре периода и семь возрастных групп особей. Показана поливариантность развития особей.

*Ключевые слова:* *Galanthus nivalis* L., морфогенез, почка возобновления, монокарпический побег, сезонный ритм развития, онтогенез, возрастные стадии, возрастные группы

Рекомендує до друку  
М. М. Барна

Надійшла 15.02.2017

УДК: 582.689:581.9(477.51)(045)

П. А. БУЗУНКО

Чернігівський національний педагогічний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14013

## **ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА ПРИУРОЧЕНІСТЬ *PRIMULA VERIS* L. У СНОВСЬКО-СЕМЕНІВСЬКОМУ ГЕОБОТАНІЧНОМУ РАЙОНІ ТА ЇЇ РОЗМНОЖЕННЯ *EX SITU***

В умовах Сновсько-Семенівського геоботанічного району всі місцезростання *P. veris* віднесено до асоціації *Ulmenion minoris* Oberd. 1953 (клас *Quercus-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 1937; порядок *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 1928; союз *Alno-Ulmion* Br.-Bl. Et R. Tx. 1943).

На досліджуваній території більшість місцезростань підлягають значному антропогенному впливу - вирубкам.

Встановлено особливості введення *P. veris* в культуру в умовах вирощування у дерново-підзолистих ґрунтах, зокрема: підвищенню біопродуктивності сприяє часткове затінення (до ¼ довжини світлового дня). Вегетативне розмноження в умовах соснового лісу (союзу *Dicrano-Pinion* Libb. 1933) відбувається, хоч і меншими темпами, ніж у звичайних для виду умовах.

*Ключові слова:* *Primula veris* L., Східне Полісся, популяція, поширення, *ex situ*

*Primula veris* L. зустрічається у помірному поясі по всій Європі від Ірландії і до Уралу, Криму, Кавказу та Ірану [6]. Приурочений до світлих широколистяних або рідше мішаних лісів, частіше зустрічається на узліссях або лісових галявинах [1, 2]. Більшою продуктивністю вирізняються популяції, що зростають на сірих лісових добре дренованих суглинистих ґрунтах [1, 6].

Питання поширення *P. veris* у Східному Поліссі і зокрема у Чернігівському й Новгород-Сіверському Поліссі наразі вивчено недостатньо. Згідно з опрацьованими матеріалами [1, 6] досліджені популяції розташовані на межі ареалу виду. Таке географічне розташування супроводжується заміною ґрунтового покриву на бідніші дерново-підзолисті ґрунти і широколистяних лісів на мішані й хвойні, що приводить до зменшення частки виду в екосистемах району досліджень. Іншим фактором, який значно впливає на чисельність виду є антропогенна зміненість ландшафтів [3, 6].

### **Матеріал і методи досліджень**

При проведенні пошукових досліджень використовували маршрутні й напівстаціонарні методи. При встановленні географічних координат меж популяцій *P. veris* використано GPS-навігатор *Garmin Dakota 10*. Геоботанічні описи здійснювали під час вегетації та квітнування рослин у квітні-травні 2012-2016 року на ділянках площею 50-100 м. Фіксувалося загальне проективне покриття кожного ярусу та окремих видів. Під час обробки отриманих даних використовували роботи з флористичної класифікації рослинності [5, 7]. Номенклатура синтаксонів наведена за *W. Matuszkiewicz* [7].



Дослідження з вирощування *P. veris* ex situ тривали у 2014-2016 рр. Матеріал для дослідження було отримано з ділянки лісу, на якій ДП «Семенівське лісове господарство» проводило вирубки у квітні-травні 2014 р.

Дослідження проводили на 3 дослідних ділянках в умовах догляду. Було висаджено по 20 рослин. Крім того 20 рослин було висаджено на ділянці соснового лісу асоціації *Molinio-Pinetum* W. Mat. & J. Mat. 1973 (клас *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. In Br.-Bl., Siss. Et Vlieger 1939) з метою порівняння швидкості росту *P. veris* у невластивому оточенні і вирощуванням ex situ.

### Результати досліджень та їх обговорення

За період досліджень виявлено 5 місцезростань популяцій *P. veris* (див. рисунок), а саме:

1. урочище «Угловська дача» - ділянка загальною площею 8,4 га, розташована в кв. 25 Костобобрівського лісництва ДП "Семенівське лісове господарство" (тут і далі – Чернігівська обл.);
2. Кв. 18-21 Костобобрівського лісництва ДП "Семенівське лісове господарство";
3. Кв. 62, 66 Семенівського лісництва ДП "Семенівське лісове господарство";
4. Кв. 16-19 Семенівського лісництва ДП "Семенівське лісове господарство";
5. Заповідне урочище "Радамська дача" Орликівського лісництва ДП "Семенівське лісове господарство".

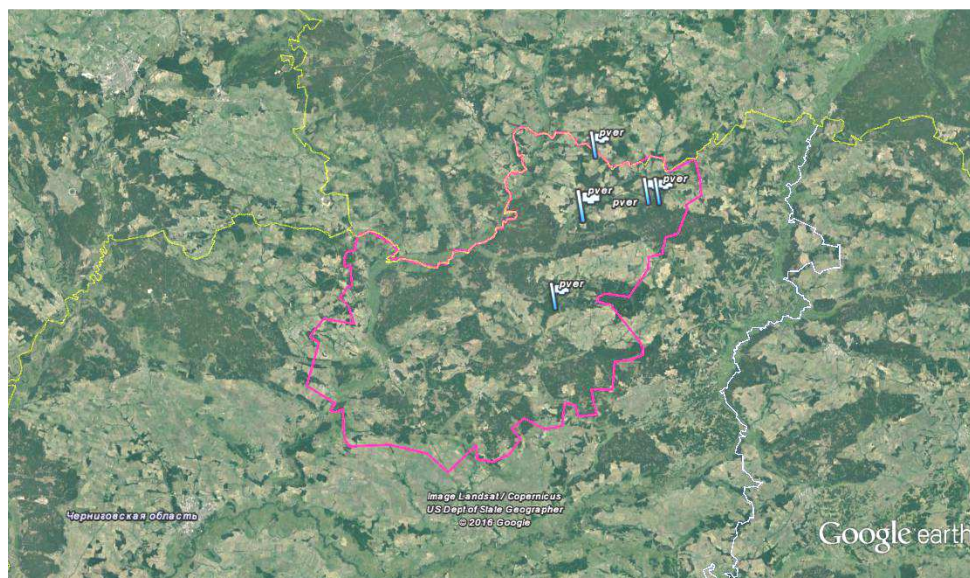


Рис. 1. Картохема поширення *P. veris* у Сновсько-Семеновському геоботанічному районі

Схема синтаксономічної приуроченості *P. veris* у Сновсько-Семеновському геоботанічному районі має наступний вигляд:

Клас *Quercus-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 1937

Порядок *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 1928

Союз *Alno-Ulmion* Br.-Bl. Et R. Tx. 1943

Асоціація *Ulmion minoris* Oberd. 1953

Угруповання *Violo odoratae-Ulmetum minoris* (Weewers 1940) Doing 1962

Отримані дані показують, що *P. veris* росте на узліссях, галявинах, вздовж лісових доріг або на світлих ділянках лісів: зімкненість крон дерев – 0,4-0,6. У ярусі дерев переважають *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, трапляються *Picea abies* (L.) Karst., *Populus tremula* L., *Acer platanoides* L.

Зімкненість чагарників – 0,1-0,4. Серед видів відмічені – *Frangula alnus* Mill., *Corylus avellana* L., *Salix caprea* L., *Rubus idaeus* L., *Sorbus aucuparia* L. (зрідка).

У трав'яному ярусі (проективне покриття – 35-50%) співдомінують: *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Carex pilosa* Scop., *Convallaria majalis* L. Трапляються з

покриттям 2-5%: *Vaccinium myrtillus* L., *Hypericum perforatum* L. Поодинокі: *Platanthera bifolia* (L.) Rich, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich, *Chamaecitissus ruthenicus* (Fisch. Ex Woloszcz.) Klaskova, *Lycopodium clavatum* L., *Geranium sylvaticum* L. *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Fragaria vesca* L., *Potentilla alba* L., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Allium ursinum* L. (у «Радомській дачі»), *Lilium martagon* L., *Campanula persicifolia* L.

З метою збереження та подальшої можливої ренатуралізації виду нами в 2014-2016 рр. було проведено спостереження за особливостями зростання відібраних з природного середовища особин *P. veris* у культурі.

Відомо, що невелике затінення сприятливо позначається на розвитку первоцвіту [4]. Під час спостережень вивчали вплив тривалості періоду знаходження рослин під дією прямого сонячного світла.

У даній статті обмежуємося описом особливостей вегетативного розмноження.

Ділянка № 1. Впродовж світлового дня рослини весь час були під впливом прямого сонячного світла. На травень 2016 р. з кожної висадженої розетки отримали в середньому по 3 особини (максимум – 7, загалом 59 розеток), що у 2,75 раз менше, ніж у природній популяції з дубового лісу (порівнювали з випадково обраними ділянками урочища «Угловська дача»).

Ділянка № 2. Впродовж світлового дня весь час, крім вечора, рослини були на сонці. Всі прижилися. На травень 2016 р. з висаджених розеток отримали в середньому 9 особин з кожної (мінімум – 3, максимум – 17, загалом – 203). Порівняно з середнім значенням отриманим для природної популяції, біологічна продуктивність особин (оцінювана за збільшенням кількості розеток), які зростають у культурі із застосуванням догляду, вища, в 1,25 раз.

Ділянка № 3. Рослини зростали в умовах незначної конкуренції за світло (від третини до половини світлового дня були затінені іншими трав'янистими рослинами). На травень 2016 р. кожна висаджена особина дала початок у середньому ще по 6 розеток (мінімум – 3, максимум – 11, загалом – 126). Продуктивність виявилася в 1,3 рази нижче, ніж у особин, які зростають в урочищі «Угловська дача».

Ділянка № 4 (у сосновому лісі). Проективне покриття деревного ярусу ділянки лісу – 50%. Рослини прижилися. На травень 2016 р. загальна кількість розеток *P. veris* зросла у 2,1 рази (було 20, стало 42).

Як показують результати, невелике затінення (1/4 світлового дня) сприятливо позначається на розвитку *P. veris* в умовах дерново-підзолистих ґрунтів.

## Висновки

В умовах Сновсько-Семенівського геоботанічного району всі місцезростання *P. veris* віднесено до асоціації *Ulmion minoris* Oberd. 1953 (клас *Quercus-Fagetum* Br.-Bl. et Vlieg. 1937; порядок *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 1928; союз *Alno-Ulmion* Br.-Bl. Et R. Tx. 1943).

На досліджуваній території більшість місцезростань підлягають значному антропогенному впливу - вирубкам.

Встановлено особливості введення *P. veris* в культуру в умовах вирощування у дерново-підзолистих ґрунтах, зокрема: підвищенню біопродуктивності сприяє часткове затінення (до ¼ довжини світлового дня). Вегетативне розмноження в умовах соснового лісу (союзу *Dicranopinion* Libb. 1933) відбувається, хоч і меншими темпами, ніж у звичайних для виду умовах.

1. Грицак Л. Р. Рід *Primula* L. (Primulaceae) у флорі України (систематика, фітохорологія, еволюція) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.05 "Ботаніка" / Л. Р. Грицак. — К., 2000. — 16 с.
2. Карнаух С. Д. Рід Первоцвіт — *Primula* L. / С. Д. Карнаух, М. І. Клоков // Флора УРСР. — К.: Вид-во АН УРСР, 1957. — Т. 8. — С. 74—89.
3. Лукаш О. В. Асоціація *Geranio-Trifolietum alpestris* Th. Muller 1962 на Східному Поліссі / О. В. Лукаш, Д. М. Якушенко // Український ботанічний журнал. — 2008. — Т. 65, № 3. — С. 336—350.
4. Лысенко Т. А. Особенности развития первоцвета весеннего в различных условиях обитания в Киевской области / Т. А. Лысенко // Рекомендации: онтогенез высших цветковых растений / Сикура И. И. (отв. ред.). — К.: Изд. ЦРБС АН УССР, 1989. — С. 83—84.

5. Соломаха В. А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення / Соломаха В. А. — К.: Фітосоціоцентр, 2008. — 296 с.
6. Brys, R., Jacquemyn, H. Biological Flora of the British Isles: *Primula veris* L. / R. Brys, H. Jacquemyn // *Journal of Ecology*. — 2009. — Vol. 97, № 3. — P. 581—600.
7. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roslinnych Polski / W. Matuszkiewicz. — Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2007. — Ed. 3. — 537 p.

П. А. Бузунко

Черниговский национальный педагогический университет имени Тараса Шевченка, Украина

#### ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ *PRIMULA VERIS* L. В СНОВСКО-СЕМЕНОВСКОМ ГЕОБОТАНИЧЕСКОМ РАЙОНЕ И ЕЕ РАЗМНОЖЕНИЕ EX SITU

В условиях Сновско-Семеновского геоботанического района все местонахождения популяций *P. veris* отнесены к ассоциации *Ulmion minoris* Oberd. 1953 (клас *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 1937; порядок *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 1928; союз *Alno-Ulmion* Br.-Bl. Et R. Tx. 1943).

На исследуемой территории большинство местонахождений подвергаются значительному антропогенному влиянию – вырубкам.

Установлены особенности введения *P. veris* в культуру в условиях выращивания в дерново-подзолистых почвах, в частности: повышению биопродуктивности способствует частичное затенение (до ¼ длины светового дня). Вегетативное размножение в условиях соснового леса (союза *Dicrano-Pinion* Libb. 1933) происходит, хотя и медленнее, чем в обычных для вида условиях.

*Ключевые слова:* *Primula veris*, Восточное Полесье, популяция, распространение, ex situ

P. A. Buzunko

Chernihiv Taras Shevchenko National Pedagogical University, Ukraine

#### ECOLOGICAL AND COENOTIC AFFINITY OF *PRIMULA VERIS* L. IN SNOVSKO-SEMIENIVSKYI GEOBOTANICAL DISTRICT AND ITS CLONING EX SITU

*P. veris* is a species native throughout most of temperate Europe, found mainly in woodlands and grassy places. Higher productivity is inherent to populations growing on gray well-drained loamy forest soils. Distribution of *P. veris* in Chernihivske and Novhorod-Siverske Polissia has been studied insufficiently. Here soils have been replaced by sod-podzolic ones and deciduous and mixed forests have been replaced by pine ones, which led to a decrease in the share of the species in the ecosystems of the given area. Another key factor affecting the number of species is the anthropogenic landscape transformation. Therefore, *P. veris* tends to be a zoologically valuable species in the region under analysis.

During the research period (2014-2016) 5 localities of *P. veris* were identified. Under conditions of Snovsko-Semenivskiy geobotanical district all found locations of *P. veris* assign to the association *Ulmion minoris* Oberd. 1953 (class *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 1937; order *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 1928; union *Alno-Ulmion* Br.-Bl. Et R. Tx. 1943).

On the given territory most localities are under a considerable anthropogenic influence of deforestation.

The data obtained show that *P. veris* grows on forest edges, meadows, along the roads or in forests highlights. Crown canopy is 0.4-0.6%. In the trees layer *Q. robur*, *P. sylvestris*, *B. pendula* predominate, *P. abies*, *P. tremula*, *A. platanoides* are also found. Closure of shrub layer is 0.1-0.4%. Among the species, *F. alnus*, *C. avellana*, *S. caprea*, *R. idaeus*, *S. aucuparia* (occasionally) have been distinguished. In the grass layer (projective coverage – 35-50%) *M. caerulea*, *P. aquilinum*, *C. pilosa*, *C. majalis* co-dominant. Among the species with 2-5% coverage *V. myrtillus*, *H. perforatum* have been identified. Such species as *P. bifolia*, *E. helleborine*, *N. nidus-avis*, *C. ruthenicus*, *L. clavatum*, *G. sylvaticum*, *G. dryopteris*, *D. filix-mas*, *F. vesca*, *P. alba*, *P. obscura*, *A. ursinum* (in the protected natural tract “Radomska dacha” only), *L. martagon*, and *C. persicifolia* are but rare.

Over the period of 2014-2016 to preserve the species a thorough examination of *P. veris* individuals growing ex situ was conducted. Results demonstrate that the introduction of *P. veris* ex

situ under conditions of growing in sod-podzolic soils is possible. The best results were achieved under conditions of partial shading boosting biological productivity. On the experimental plot with shading up to ¼ of the daylight length the plants productivity (measured by the growing number of rosettes) is 1.25 times higher than of the natural environment.

*Keywords: Primula veris, Eastern Polissia, population, distribution, ex situ*

Рекомендує до друку  
М. М. Барна

Надійшла 31.01.2017

УДК 582.681.81'06(282.247.32)

<sup>1</sup>Л. П. ЩУК, <sup>2</sup>Н. О. СМОЛЯР

<sup>1</sup>Білоцерківський національний аграрний університет  
пл. Соборна 8/1, Біла Церква, Київська область, 00117

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64, Київ, 03680

## **СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОДУКТИВНІСТЬ І СОЗОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ КОРІННИХ ВЕРБОВО-ТОПОЛЕВИХ УГРУПОВАНЬ У ПОНИЗЗІ РІЧКИ ВОРСКЛИ**

На основі закладених пробних площ проаналізовано стан корінних вербово-тополевих угруповань у пониззі р. Ворскла. Встановлено, що продуктивність галерейних лісів не висока і дуже низьке природне поновлення основних видів *Salix alba* L., *S. x fragilis* L., *S. caprea* L., *Populus alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L. Галерейні вербово-тополеві ліси в пониззі р. Ворскла виконують водорегулюючу, ґрунтозахисну і созологічну функції.

*Ключові слова: Salix, Populus, вербово-тополеві ліси, пониззя р. Ворскла, угруповання, болото-блюде, природне поновлення, созологічна цінність*

Пониззя р. Ворскла (лівої притоки Дніпра) територіально знаходиться в південно-східній частині Полтавської області на півдні Кобеляцького району, у фізико-географічному відношенні – на межі Лісостепу і Степу України. Більша частина природного регіону охороняється з 2002 року в межах регіонального ландшафтного парку «Нижньоворсклянський» (далі – РЛП, парк) на площі 23200 га. До складу території парку ввійшло п'ять існуючих заказників місцевого значення («Вільховатський», «Вишняки», «Крамарево», «Пелехи», «Новоорлицькі кучугури») на островах і півостровах у гирлі Ворскли та на Дніпродзержинському водосховищі, заповідне урочище «Сокільське» на лівому березі р. Ворскла, і ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Лучківський» на правобережжі, який у межах парку зберігає свій національний статус [2] (рис. 1).

Згідно геоботанічного районування РЛП «Нижньоворсклянський» розташований у південно-східній частині Придніпровського округу Лівобережнопридніпровської провінції. Тут представлено п'ять типів рослинності – рослинність крутосхилів правого корінного берега р. Ворскла, рослинність байрачних дібров, рослинність заплави р. Ворскла і рослинність островів і півостровів на Дніпродзержинському водосховищі [7, 9]. Рослинність пониззя р. Ворскла й острівних систем вивчалася Н.О. Смоляр [7-9]. Слід зауважити, що природна та напівприродна рослинність у пониззі р. Ворскла, зокрема й на території РЛП «Нижньоворсклянський» найкраще збережена на заплаві Ворскли і другій надзаплавній (боровій) терасі.

Для проведення моніторингових фітоіндикаційних досліджень у пониззі р. Ворскла в 1994 році Н.О. Смоляр було закладено фітоценотичний профіль протяжністю 3,5 км із метою

вивчення закономірностей просторово-територіального розподілу рослинності та її динаміки. Даний профіль характеризує й водний режим корінних вербово-тополевих угруповань, найстаріші з яких мають вік понад 150 років. На профілі для цих угруповань було проведено оцінку кліматичних та едафічних умов, зокрема, вологості, кислотності, засоленості, азотного режиму ґрунтів, радіаційного балансу, континентальності клімату, гумідності. У результаті проведеного аналізу було встановлено кореляційні зв'язки між показниками екологічних факторів [7].

Мета роботи – проаналізувати сучасний стан галерейних вербово-тополевих лісів у пониззі р. Ворскла та запропонувати шляхи його поліпшення.

### Матеріал і методи досліджень

Визначення таксаційних показників корінних вербово-тополевих угруповань проводили на 20 пробних площах загальноприйнятими методами лісової таксації Н.П. Анучіна [1]. На пробних площах вимірювали висоту й діаметри стовбурів дерев, встановлювали тип лісорослинних умов, породний склад, вік, бонітет, повноту та запас стовбурної деревини [4, 5]. Враховуючи вік насаджень, також аналізувати природне поновлення на ділянках. Тип лісорослинних умов встановлювали за Г.І. Васенковим, О.О. Орловим [3]. На пробних площах виконано повні геоботанічні описи. У трав'яному покриві виділяли рідкісні види. Номенклатура видів рослин наведена у відповідності з чекістом С.М. Мосякіна й М.М. Федорончука [12] та міжнародним номенклатурним індексом [11].

### Результати досліджень та їх обговорення

Заплава р. Ворскла характеризується наявністю чисельних заток, стариць, плескатих підвищень, на яких сформований специфічний лучно-болотний комплекс, що займає понад 60% території РЛП «Нижньоворсклянський». Лісистість території парку складає близько 30%. Болотна рослинність евтрофних боліт, як лісова й чагарникова, так і трав'яниста, представлена здебільшого на заплаві. Евмезотрофні болота поширені спорадично в улоговинах борової тераси на островах. У притерасній частині заплави біля підніжжя корінного берега фрагментарно трапляються вологі вербові ліси з осоковим трав'яним покривом, а незначні за площею тополівники з *P. alba* L. і *P. nigra* L. вклинюються із островів у зарості прибережно-водної рослинності (рис.). Слід зауважити, що на заплаві р. Ворскла впродовж червня-вересня 2016 р. нами зафіксований нестійкий гідрологічний режим, за якого перепади води складають до 1-3 м у бік зниження рівня води в результаті діяльності Дніпродзержинської ГЕС на Дніпрі.

За класифікаційною схемою рослинності згідно з підходами школи Браун-Бланке вербово-тополеві ліси пониззя р. Ворскла належать до класу *Salicitea purpureae* Moor 1958.

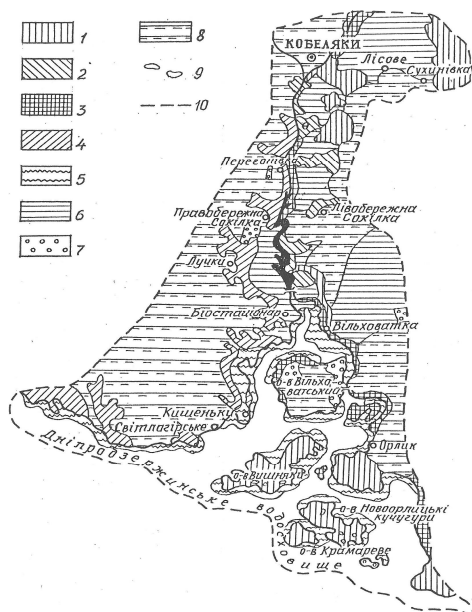


Рис. Картохема рослинного покриву долини р. Ворскла в її пониззі

Умовні позначення: 1 – культури *Pinus sylvestris* на боровій терасі; 2 – заплавні та пристінні ліси з переважанням *Quercus robur*; 3 – прируслові заплавні ліси (вербово-тополеві); 4 – байрачні ліси в комплексі з лучно-степовою рослинністю; 5 – прибережно-водна рослинність; 6 – лучна рослинність; 7 – лісосмуги та сади; 8 – інші сільськогосподарські угіддя; 9 – болота-блюдця з водним дзеркалом; 10 – межі пониззя р. Ворскла.

Більшість досліджуваних вербово-тополевих угруповань на заплаві р. Ворскла мають порослеве походження, куртини насінневого походження трапляються дуже рідко і зазвичай у прирусловій частині заплави. Сформовані вербово-тополеві угруповання виявлені на території ландшафтного заказника «Лучківський» на правобережжі Ворскли, в урочищі «Сокільське» на заплаві лівого берега та на островах, зокрема й на Вільховатському, де нами було закладено 20 пробних площ.

За результатами аналізу матеріалу з пробних площ нами встановлено, що породний склад насаджень представлений *Salix alba* L., *S. x fragilis* L., *S. caprea* L., *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula* L. Невелика участь (1-10 %) *Alnus incana* (L.) Moench., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer negundo* L., *A. tataricum* L. (таблиця).

Таблиця

## Характеристика корінних вербово-тополевих угруповань у пониззі р. Ворскла

№ з/п пробної площі	Назва місцевості (землекористувач)	Таксаційні показники								
		Тип лісорослинних умов	Породний склад	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Повноота	Бонітет	Запас, тис. м <sup>3</sup>	Наявність природного поновлення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Заказник «Лучківський» (Лучківська с/р)	A <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	10Врб	60	20	39,2	0,6	II	322,5	<i>F. excelsior</i> <i>A. negundo</i> <i>S. cinerea</i>
2	Заказник «Лучківський» (Лучківська с/р)	A <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	10Врб	60	20	38,2	0,5	II	285,0	<i>T. cordata</i> <i>A. negundo</i> <i>F. excelsior</i> <i>P. communis</i>
3	Заказник «Лучківський»	A <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	9ВрбЯз	60	18	38,2	0,4	III	185,4	<i>S. cinerea</i>
4	Заказник «Лучківський»	C <sub>3</sub> BT	5Тпб5Врб	60	Тпб-22 Врб-18	Тпб-36,4 Врб-26,0	0,4	II	192,7	<i>L. vulgaris</i> <i>C. curvicipala</i> <i>S. cinerea</i>
5	Заказник «Лучківський»	A <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	10Врб	60	21	40,12	0,5	II	310,0	<i>S. sanguinea</i> <i>S. cinerea</i>
6	околиці бази «Геолог»	C <sub>3</sub> BT	6Тпб3ВрбВхч	65	Тпб-22 Врб-19 Вхч-15	Тпб-39,7 Врб-50,95 Вхч-10,8	0,6	II	332,0	<i>A. tataricum</i> <i>P. communis</i>
7	заплава лівого берега р. Ворскла біля автошляху «Світлогірське – Кобеляки»	C <sub>3</sub> BT	4Тпб4ВрбВхчЛпс	80	Тпб-22 Врб-20 Вхч-14 Лпс-12	Тпб-61,14 Врб-68,47 Вхч-29,03 Лпс-12,2	0,7	II	386,5	<i>F. excelsior</i> <i>S. cinerea</i>
8	заплава лівого берега р. Ворскла біля автошляху «Світлогірське – Кобеляки»	C <sub>3</sub> BT	2Тпб4Врб4Вхч	70	Тпб-22 Врб-16 Вхч-10	Тпб-76,43 Врб-37,26 Вхч-23,563	0,8	II	420,0	<i>S. nigra</i> <i>F. excelsior</i> <i>C. curvicipala</i>
9	заплава лівого берега р. Ворскла біля автошляху «Світлогірське – Кобеляки»	C <sub>3</sub> BT	5Тпб4ВрбВхч		Тпб-25 Врб-20 Вхч-16	Тпб-51,59 Врб-25,47 Вхч-12,5	0,8	II	295,3	<i>A. negundo</i>
10	Урочище «Сокільське»	C <sub>3</sub> BT	5Тпб5Тпт	60	Тпб-25 Тпт-18	Тпб-40,12 Тпт-22,6	0,6	II	315,8	<i>P. alba</i> <i>P. tremula</i> <i>C. curvicipala</i>
11	о. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв 3, вид.1)	C <sub>3</sub> Д <sub>3</sub>	5Тпч5Тпб+Дз	50	Тпч-18 Тпб-14 Дз-12	Тпч-36,6 Тпб-32,16 Дз-16,5	0,9	III	265,0	<i>S. sanguinea</i>
12	о. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв 3, вид.1)	V <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	8Тпч2Дз	50	Тпч-24 Дз-21	Тпч-28,02 Дз-28,66	0,7	III	250,5	<i>E. angustifolia</i> <i>M. nigra</i> <i>F. lanceolata</i>

## БОТАНІКА

										<i>Q. robur</i>
13	о. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 7, вид. 15, болото-блюдец)	C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	5Врл2Тпч2ТпбЯз		Тпч-28 Врл-22 Тпб-24 Яз-18	Тпч-48,08 Тпб-46,81 Врл-44,59 Яз-24,52	0,5	II	432,5	<i>S. cinerea</i>
14	о. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 7, вид. 15, болото-блюдец)	C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	6Тпт2Вхч2Врбл	30	Тпт-18 Вхч-16 Врбл-12	Тпт-23,24 Врб-26,11 Вхч-18,12	0,6	IV	145,6	<i>S. cinerea</i>
16	о. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 7, вид. 15, болото-блюдец)	B <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	10Тпч	50	Тпч-20	Тпч-45,22	0,6	III	228,5	<i>S. cinerea</i>
17	О. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 6 вид. 6)	B <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	4Дз3Тпт2ВркРбз	60	Дз-16 Тпч-16 Врк-14 Рбз-12	Дз-12,6 Тпч-26,43 Врк-23,24 Рбз-12,4	0,8	IV	186,0	<i>Q. robur</i> <i>C. curvicipala</i> <i>A. negundo</i>
18	О. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 6 вид. 11)	C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	9ТптВзз	40	Тпт-18 Взз-16	Тпт-24,84 Взз-14,2	0,8	IV	165,0	<i>S. sanguinea</i> <i>P. avium</i> <i>M. nigra</i>
19	О. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 7 вид. 15)	C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	5Тпб3Врб2Яз	60	Тпб-26 Врб-25 Яз-18	Тпб-70,06 Врб-69,42 Яз-25,48	0,7	II	390,5	<i>A. negundo</i>
20	О. Вільховатський (Новоорлицьке л-во, кв. 6 вид. 10)	C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	4Тпч4Тпб2Врл	60	Тпч-27 Тпб-25 Врл-22	Тпч-40,76 Тпб-40,16 Врл-36,62	0,6	II	245,5	<i>P. communis</i>

Умовна позначення та скорочення: л-во – Новоорлицьке лісництво ДП «Кременчуцьке лісове господарство». Тип лісорослинних умов (колонка 3): А<sub>3</sub>В<sub>4</sub> – заплашний вербовий груд; В<sub>2</sub>Т<sub>3</sub> – свіжій заплавної осоковий субір; В<sub>3</sub>Т<sub>3</sub> – вологий заплавної осиковий субір; С<sub>3</sub>Д<sub>3</sub> – свіжа заплавна судіброва; С<sub>3</sub>ВТ – вологий верботополевий сугруд. Позначення породного складу угруповань (колонки 4, 6, 7): Влч – вільха чорна (*Alnus glutinosa*), Врб – верба біла (*Salix alba*), Врл – верба ламка (*Salix fragilis*), Врк – верба козяча (*Salix caprea*); Дз – дуб звичайний (*Quercus robur*), Лпс – липа серцелиста (*Tilia coradata*), Рбз – робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*), Тпб – тополя біла (*Populus alba*), Тпт – тополя тремтяча (*Populus tremule*), Тпч – тополя чорна (*Populus nigra*), Яз – ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*), Взз – в'яз звичайний (*Ulmus laevis*).

На пробній площі 11 на о. Вільховатський нами виявлені штучні насадження *P. nigra* і *Quercus robur* 'Columna', висаджені для закріплення берегової лінії острова. В заказнику «Лучківський» і урочищі Сокільське поодинокі трапляються дерева *Armeniaca vulgaris* L., *Morus nigra* L., *Pyrus communis* L., *Robinia pseudoacacia* L., і *Fraxinus lanceolata* Borkh. характерні для байрачних лісів. У підліску представлені *Salix cinerea* L., *S. purpurea* L., *S. viminalis* L., *S. triandra* L., *Sambucus nigra* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz., *Lygustrum vulgaris* L., *Padus avium* Mill., *Crataegus curvicipala* Lindm., *Eleagnus angustifolia* L. Останній вид є індикатором засоленості ґрунтів. Вік досліджуваних угруповань складає 50-80 років, і являють вони собою стиглі і перестійні лісостани. Однак, природне поновлення *P. alba* нами зафіксоване в урочищі «Сокільське» на пробній площі № 10. Майже відсутнє природне поновлення *S. alba* на території заказника «Лучківський», *S. x fragilis* на о. Вільховатський – на пробних площах № 11, 12, 17, 18. Натомість на пробних площах № 2, 9, 17, 19 швидко поширюється інвазійний вид *Acer negundo* L., здебільшого на підвищеннях та сухіших місцях, що для цих масивів відмічалось й раніше [8]. На о. Вільховатський нами виявлена ділянка суцільних заростей *Acer negundo* площею 12 га.

Особливо слід відмітити рослинність боліт-блюдець, описаних нами на о. Вільховатський, де закладено чотири пробних площі (№ 13, 14, 15, 16). У складі насаджень переважають *P. nigra*, *P. alba*, *P. tremula* L., *S. x fragilis*. У підліску представлена *S. cinerea*.

Проте найбільш цінним і унікальним на цих ділянках є мохово-трав'яний покрив, у складі якого виявлено й види з охоронним статусом (*Lycopodium clavatum* L., представники роду *Sphagnum*). Вербово-тополеві ліси парку є оселищами й ряду інших рідкісних (*Ophioglossum vulgatum* L., *Pyrola rotundifolia* L., *P. minor* L., *Orthilia secunda* (L.) House, *Convallaria majalis* L., *Scilla siberica* Haw., *Equisetum hyemale* L., *Fragaria moshata* Duch., *Inula helenium* L.) та малопоширених у регіоні (*Thelypteris palustris* Shott, *Dianthus stenocalyx* Juz.) видів [8].

На піщаних дюнах борової тераси о. Вільховатський на окраїні штучного насадження *Pinus sylvestris* L. на лісовій біогалявині нами також було виявлено нечисельне угруповання *Salix acutifolia* Willd. із рослинами, які перебувають у пригніченому стані і мають до 20% відмерлих гілок. Вік кущів – близько 30 років. Молоді рослини на ділянці відсутні. Ця тенденція зберігається й на більшості інших ділянок острова.

Часто на стовбурах *S. alba*, *S. x fragilis* трапляються макроміцети. Зокрема, на старих ослаблених і пошкоджених деревах нами виявлено плодові тіла трутовика сірчано-жовтого (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing.) і трутовика несправжнього (*Phellinus igniarius* Quel.).

На лівому березі заплавної тераси обабіч автошляху «Світлогірське – Кобеляки» в районі залізного мосту через Ворсклу нами також виявлено острівне місцезростання *Salix starkeana* Willd. На пагонах куща видно наслідки минулорічної пожежі, але він добре відновився і перебуває у задовільному стані. Слід зауважити, що це – найпівденніше місцезростання виду в Україні – знаходиться за сотню кілометрів від межі його суцільного ареалу, яка проходить по лінії Харків – Полтава – Лубни – Канів – Вінниця – Рогатин – Львів – Мостиськ. *S. starkeana* – реліктовий бореальний вид, який занесений до Червоної книги України [10], а також охороняється в Німеччині, Румунії, Словаччині і Чехії [6].

Галерейні вербово-тополеві ліси у пониззі р. Ворскла є осередками збереження багатого тваринного світу. Зокрема, в урочищі «Сокільське» нами було виявлено загати – результат діяльності бобра звичайного (*Castor fiber* L.). На території заказника «Лучківський» і на о. Вільховатський виявлено різновікові групи дикого кабана (*Sus scrofa* L.), чисельність популяції якого необхідно регулювати. На піщаній дюні о. Вільховатський нами також зафіксовано робочі нори борсука звичайного (*Meles meles* L.).

### Висновки

Встановлено, що корінні вербово-тополеві угруповання в пониззі р. Ворскли створюють каркас – галерейні ліси – осередки збереження водно-болотного біорізноманіття регіону. Однак, стан цих угруповань задовільний, оскільки всі вони утворюють стиглі й перестійні лісостани, а природне поновлення основних видів *Salix alba*, *S. x fragilis*, *S. caprea*, *P. alba*, *P. nigra*, *P. tremula* дуже низьке і повільне в силу зниження рівня води в р. Ворскла та ґрунтових вод. Продуктивність даних ценозів не висока, однак вони виконують водорегулюючу, ґрунтозахисну і соціологічну функції. Потребує поліпшення і санітарний стан цих угруповань, оскільки значна частина їх уражена дереворуйнівними грибами. Тому необхідно вжити таких заходів: припинити різке скидання води на Дніпродзержинській ГЕС (коли за декілька діб її рівень зменшується на висоту понад метр); провести санітарні рубки з метою видалення інвазійного виду *A. negundo*, масштаби поширення якого тенденційно набувають загрозливого стану і ведуть до зміни фітоценозів.

### Подяка.

Автори статті висловлюють вдячність за допомогу у проведенні експедиційних досліджень лісничому Новоорлицького лісництва ДП «Кременчуцьке лісове господарство» Нескоріку Василю Адамовичу.

1. Ануцин Н. П. Лесная таксация / Н.П. Ануцин. — М. : Лесная промышленность, 1982. — 552 с.
2. Байрак О. М. Наукові засади створення регіонального ландшафтного парку «Нижньоворсклянський» (Полтавська область, Україна) / О.М. Байрак, Н.О. Стецюк, М.В. Слюсар // Заповідна справа в Україні. — 2001. — С. 56—59.
3. Васенков Г. І. Типи лісу / Г.І. Васенко, О.О. Орлов. — Житомир, 2010. — 90 с.



4. *Горобець А. И.* Биологическая продуктивность и хозяйственное значение некоторых видов ив ЦЧР: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / А.И. Горобец. — Воронеж : Воронеж. лесотехн. ин-т, 1992. — 20 с.
5. *Горошко М. П.* Лісова таксація. Практикум / М.П. Горошко, П.Г. Хомюк. — Львів : УкрДІТУ, 2001. — 132 с.
6. *Ищук Л. П.* Рід *Salix L.* в Україні / Л.П. Ищук // Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». — 2015. — Вип. 17. — С. 97—100.
7. *Стецюк Н. О.* Розподіл рослинності пониззя р. Ворскли залежно від екологічних факторів / Н.О. Смоляр // Збірник наукових праць Полтавського педуніверситету. — Серія «Екологія. Біологічні науки». — Вип. 4 (8). — Полтава, 2000. — С. 35—45.
8. *Стецюк Н. О.* Фітоценотична характеристика, особливості формування та розвитку заплавної лісової системи регіонального ландшафтного парку «Нижньоворсклянський» (Полтавська область, Україна) / Н.О. Стецюк // Збірник наукових праць Полтавського державного педагогічного університету. — Серія «Екологія. Біологічні науки». — 2004. — Випуск 4 (37). — С. 166—174.
9. *Стецюк Н. О.* Рослинність проєктованого регіонального ландшафтного парку «Нижньоворсклянський» / Н.О. Стецюк, О.М. Байрак // Роль регіональних ландшафтних парків як навчально-виховних центрів : матеріали наук.-практ. семін. (біостаніонар ПДПУ, с. Лучки, Кобеляцький р-н, Полтавська обл., 12–15 черв. 2002 р.) / ПДПУ імені В.Г. Короленка, РЛП «Нижньоворсклянський». — Полтава : Верстка, 2002. — С. 51—58.
10. *Червона книга України.* Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. — Київ : Глобалконсалтинг, 2009. — 900 с.
11. *International Plant Name Index Query (IPNI), 2005* [Електронний ресурс] Доступ: [http://www.ipni.org/ipni/query\\_ipni.html](http://www.ipni.org/ipni/query_ipni.html). (address 03.01.2017).
12. *Mosyakin, S. L.* Vascular plants of Ukraine. A nomenclaturae czeclist / S.L. Mosyakin, M.M. Fedoronchuk / editor Mosyakin S.L. — Kiev, 1999. — 346 p.

*Л. П. Ищук, Н. А. Смоляр*

Белоцерковский национальный аграрный университет  
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

#### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И СОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КОРЕННЫХ ИВОВО-ТОПОЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ В НИЗОВЬЕ РЕКИ ВОРСКЛА

На основании заложенных пробных площадей проанализировано состояние коренных ивово-тополевых сообществ в низовье р. Ворскла. Установлено, что производительность галерейных лесов не высокая и очень низкое естественное возобновление основных видов *Salix alba L.*, *S. x fragilis L.*, *S. caprea L.*, *Populus alba L.*, *P. nigra L.*, *P. tremula L.* Галерейные ивово-тополевые леса в низовье р. Ворскла выполняют водорегулирующую, почвозащитную и созологическую функции.

*Ключевые слова:* *Salix*, *Populus*, ивово-тополевые леса, низовье р. Ворскла, сообщества, болото-блюдец, природное возобновление, созологическая ценность

*L. P. Ishchuk, N. O. Smoliar*

Bila Tserkva National Agrarian University, Ukraine  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

#### CURRENT STATUS, EFFICIENCY AND SOZOLOGICAL VALUE OF INDIGENOUS WILLOW- POPLAR GROUPS IN THE LOWER REACHES OF THE VORSKLA RIVER

**Abstract.** The article analyzes the conditions of indigenous willow-poplar groups in the lower reaches of the Vorskla river, a natural region located on the border of Forest-steppe and Steppe of Ukraine in the South of Poltava region. Most of the region is protected within the regional landscape Park «Nyzhniiovorsklianskyi» (23200 ha). Specification of taxation indicators in indigenous willow-poplar groups was carried out on 20 sample plots using the standard methods of forest taxation worked out by N.P. Anuchin (1982). The height and diameter of tree trunks measuring, identification of the forest growth conditions type (according to H.I. Vasenkov, O.O. Orlov (2010), determination of species composition, age, site quality, completeness and stock of stem wood were evaluated. Natural regeneration of the areas was analyzed considering the age of stand. Complete geobotanical descriptions of sample plots were also provided.

The majority of studied willow-poplar groups in the floodplain of Vorskla river are of coppice origin, clumps of seed origin are very rare and usually can be revealed in meander flood plain. Formed willow-poplar groups were investigated on the territory of the landscape reserve «Luchkivskiy» on the right bank of the Vorskla river, in the natural boundary «Sokilske» on the floodplain of the left bank and on Vilkhovatskiy island.

It was determined that indigenous willow-poplar groups in the lower reaches of the river Vorskla developed the frame, that is, gallery forests, the conservation areas of wetland biodiversity in the region. However, the conditions of these groups are satisfactory because they form mature and overmature stands and natural regeneration of key species *Salix alba* L., *S. x fragilis* L., *S. caprea* L., *Populus alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L. is very low and slow due to the water level decline in the Vorskla river and ground waters. The expansion of adventive species *Acer negundo* L. in these groups, which is characteristic of the moist forests in the island systems of the region was confirmed. The vegetation of saucer-shaped swamps studied on Vilkhovatskiy island deserves special attention. *P. nigra*, *P. alba*, *P. tremula* L., *S. x fragilis* are dominant in the plantation composition. The undergrowth is composed of *S. cinerea* L. In their moss-herbaceous cover composition the species with conservation status (*Lycopodium clavatum* L., *Ophioglossum vulgare* L., representatives of genus *Sphagnum*) were also identified. Willow-poplar forests of the park are habitats of a number of rare species (*Polypodium vulgare* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Convallaria majalis* L., *Scilla siberica* Haw., *Equisetum hyemale* L., *Fragaria moschata* Duch.) and species less common in the region (*Thelypteris palustris* Shott, *Dianthus stenocalyx* Juz.).

Gallery willow-poplar forests in the lower reaches of the Vorskla river are habitats of rich fauna preservation. In particular, dams constructed by beavers (*Castor fiber* L.) were identified in the natural boundary «Sokilske». In the landscape reserve «Luchkivskiy» and on Vilkhovatskiy island the mixed-age groups of wild boar population (*Sus scrofa* L.) were found. On the sand dune of Vilkhovatskiy island European badger setts (*Meles Meles* L.) were also found.

The efficiency of willow-poplar forests in the lower reaches of the Vorskla river are not high, however, they secure water regulation, soil protection and perform zoological functions. Sanitary conditions of these groups require improvement as they are affected by wood-destroying fungus. Therefore, it is necessary to take the following measures: to stop abrupt discharge of water on Dniprodzerzhynsk hydroelectric power station; to carry out sanitary felling and remove invasive species *A. negundo*, because its growth causes changes of phytocenoses.

*Keywords:* *Salix*, *Populus*, willow-poplar forests, lower reaches of the river Vorskla, group, saucer-shaped swamp, natural regeneration, zoological value

Рекомендує до друку

Надійшла 02.02.2017

М. М. Барна

УДК: 712.23:581.526.45(477.41)

Б. Є. ЯКУБЕНКО, А. М. ЧУРІЛОВ

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

## **НЕОБХІДНІСТЬ ЗАПОВІДАННЯ ДІЛЯНОК ОСТЕПНЕНИХ ЛУКІВ УРОЧИЩА «ВЕЛИКОСАЛТАНІВСЬКА БАЛКА» В МЕЖАХ СТУГНЕНСЬКОГО ПРИРОДНОГО КОРИДОРУ (КИЇВСЬКА ОБЛАСТЬ, УКРАЇНА)**

Наведено сучасний флористичний склад, відомості стосовно раритетного фітоценорізноманіття урочища «Великосалтанівська балка» Васильківського району Київської області. Запропоновано шляхи забезпечення охорони рослинного покриву й обґрунтовано необхідність уведення урочища до складу природно-заповідного фонду Київської області.

*Ключові слова:* охорона, фітораритети, екологічний коридор, остепнені луки, флористична структура, фітоценорізноманіття

Нині проблеми охорони, відновлення та збалансованого природокористування у світі набули особливої ваги та надзвичайної актуальності. Екологічні проблеми не виключення і для лісостепової зони, яка є найдавнішим центром землеробства в Україні. Вагоме місце у формуванні природного рослинного покриву Лісостепу є лучна рослинність, котра відіграє істотну стабілізуючу роль між природними й трансформованими екосистемами агроландшафтів [12, 14]. Окрім того, виконує ґрунтозахисну і водорегулюючу роль у збереженні балкових комплексів лісостепової зони, створює передумови для забезпечення тваринництва повноцінними якісними кормами, є джерелом лікарських, медоносних, декоративних й інших цінних у господарському плані рослинних ресурсів [4, 12, 13].

Проте, за рахунок господарської діяльності спостерігаємо суттєві зміни в структурі і видовому багатстві рослинного покриву. За рахунок господарської трансформації вивільнені екологічні ніші активно займають синантропні види, перед усім адвентивні види рослин, які формують осередки чужорідної флори, поширюються й на прилеглі території з природною рослинністю. Як результат – збіднення видового і кількісного складу травостою, зростання ролі трансформованих рослинних угруповань [15, 16].

Нині на Київському плато лучні степи займають менше 1% території, в регіоні нараховується 70 лучно-степових ділянок загальною площею близько 5000 га [4]. У минулому лучно-степові угруповання траплялись у регіоні частіше ніж наразі. Не збереглися 10 ділянок, які згадувались у літературі до 1935 р., основна причина їхнього зникнення – антропогенний чинник, а саме, розорювання територій, забудови, терасування степових схилів тощо. Отже, внаслідок інсуляризації та залишків лучно-степових ділянок, які представлені невеличкими острівцями лучно-степової рослинності на схилах ярів, балок, пагорбів, курганів, городищ, на узліссях досліджені території становлять значну наукову цінність і є незамінними резерватами відновлення природної рослинності регіону, а проведення їх комплексного аналізу та моніторингу є надзвичайно актуальним [4].

### **Матеріал і методи досліджень**

Геоботанічні дослідження природної та антропогенно порушеної лучної рослинності, її динаміку вивчали шляхом застосування прямих і опосередкованих методів, що розвиваються рядом учених: Є.М. Лавренко [6]; А.І. Толмачев [9]; В.Д. Александрова [1]; Б.М. Миркіна, Л.Г. Наумової, А.І. Соломещ [7], Б.А. Юрцевим [11] з використанням гербарних матеріалів кафедри ботаніки НУБіП України та Інституту ботаніки ім. М.Г.Холодного. Ідентифікацію видового складу визначали за “Определителем высших растений Украины” [8] та узгоджували з сучасним номенклатурним списком судинних рослин України [19]. Результати геоботанічних досліджень отримано з використанням традиційних прямих і опосередкованих фітоценотичних методів: маршрутного, закладання пробних площ, динаміки рослинності.

### Результати досліджень та їх обговорення

Особливістю степових ділянок Київщини є їхній фрагментарний характер трапляння територіями, які не придатні під сільськогосподарський обробіток [2]. Однією із таких територій є балка поблизу села Велика Салтанівка Васильківського району Київської області. За фізико-географічним районуванням ця територія розташована у басейні річки Стугни на північно-західній частині Київського Плато, природні межі якого на півночі співпадають з межею Лісостепової зони [10]. Урочище «Великосалтанівська балка» має протяжність із Заходу на Схід 4,5 км від села Велика Салтанівка Васильківського району Київської області до траси Е95 «Київ – Одеса», звідусіль оточена орними та покинутими сільськогосподарськими угіддями (рисунок). За геоморфологічною структурою місцевість є залишковими пагорбами з відносними перевищеннями 60 – 70 м та абсолютними висотами від 200 до 220 метрів над рівнем моря, утворені еоловими та алювіальними відкладами постгляціального періоду. За рахунок низької придатності для розорювання внаслідок крутизни схилів територія урочища характеризується доброю збереженістю природної рослинності лучних степів та остепнених луків характерних для Придніпровської височини.



Рисунок. Схема розташування урочища «Великосалтанівська балка»

Флористичний склад урочища представлено 217 видами судинних рослин з 49 родин та 143 родів (табл. 1), вищі спорові та голонасінні мають незначну роль – 1,4 % від загальної кількості, що є характерним для будь-яких сучасних регіональних або конкретних флор Голарктики [9].

Таблиця 1

Загальна систематична структура флори урочища «Великосалтанівська балка»

Таксони	Кількість видів, од.	Частка <sup>1</sup> , %	Кількість родів, од.	Частка, %	Кількість родин, од.	Частка, %
<i>Equisetophyta</i>	2	0,9	1	0,7	1	2,0
<i>Pinophyta</i>	1	0,5	1	0,7	1	2,0
<i>Magnoliophyta</i>	214	98,6	141	98,6	47	95,9
<i>Magnoliopsida</i>	177	81,6	116	81,1	43	87,8
<i>Liliopsida</i> <sup>2</sup>	37	17,1	25	17,5	4	8,2
Всього:	217	100,0	143	100,0	49	100,0

<sup>1</sup> від загальної кількості видів, родів, родин

<sup>2</sup> включає родини *Asparagaceae*, *Syperaceae*, *Poaceae*, *Juncaceae*

## БОТАНІКА

Родинний спектр флори представлений 49 родинами, переважна більшість яких містять по одному виду і лише шість родин мають кількість видів понад десять одиниць (табл. 2).

Таблиця 2

Родинний спектр флори урочища «Великосалтанівська балка»

Показник кількості видів у родин	Кількість видів, од.	Частка, %
Родини з одним видом	20	42,9
Родини з кількістю від одного до п'яти видів	16	32,7
Родини з кількістю від п'яти до 10 видів	6	12,2
Родини з кількістю понад 10 видів	6	12,2
Загальна кількість:	49	100,0

Сутність будь-якої регіональної або конкретної флори відображають десять провідних родин [9], спектр яких наведено нижче (табл. 3).

Таблиця 3

Спектр провідних родин флори урочища «Великосалтанівська балка»

Ранг	Назва родини	Кількість видів, од.	Частка, %
I	<i>Poaceae</i>	53	24,5
II	<i>Asteraceae</i>	37	17,1
III	<i>Fabaceae</i>	30	13,9
IV	<i>Lamiaceae</i>	25	11,6
V	<i>Scrophulariaceae</i>	15	6,9
VI	<i>Rosaceae</i>	11	5,1
VII	<i>Caryophyllaceae</i>	9	4,2
VIII – IX	<i>Apiaceae</i>	8	3,7
VIII – IX	<i>Polygonaceae</i>	8	3,7
X	<i>Ranunculaceae</i>	7	3,2
У перших трьох родин		120	55,8
У перших 10 родин		203	94,4
Загальна кількість		215	100,0

Переважаюче положення родин *Poaceae* та *Asteraceae* характерне для флор степових районів північної Євразії [1314, 17189]. *Poaceae* серед провідних родин знаходяться на першій позиції, у той час, як *Asteraceae* представлено меншою кількістю видів. Відомо, що *Asteraceae* є найчисельнішою родиною в будь-якій регіональній флорі України і в ценозах різнотравного та злакового типів (окрім боліт), а другорядну роль відіграє в угрупованнях лісового типу [5]. Такий розподіл родин у спектрі, отриманому для урочища «Великосалтанівська балка», ми пояснюємо тим, що рослинність досліджуваної території гетерогенна і розподіл її значною мірою залежить від положення у рельєфі. Вона представлена переважно клімаксовими угрупованнями лучно-степового (схил південної експозиції), водно-болотного (тальвег) та лучного типу (справжні й остепнені луки на схилі північної експозиції). Третя позиція належить *Fabaceae* – 13,9 %, яка разом з двома попередніми родинами містить понад половину виявлених видів, що характерно для природного рослинного покриву луків Лісостепу України [1214]. Родина *Fabaceae*, разом з *Caryophyllaceae* є типовими в місцезростаннях, які приурочені до сухих екоотопів та нейтральних ґрунтів. Наявність серед провідних родин – *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae*, зумовлено впливом Субсередземноморського і Понтійського типів геоеlementу флори, за значної кількості представників Євразійського та

Європейського елементів. Зокрема родина *Rosaceae* є характерною для клімаксових ценозів, види котрої проявляють стійкість до конкуренції, родина практично не містить однорічників.

З метою оцінки ступеню порушеності екосистем, нами використані співвідношення між кількістю видів, з одного боку, у родинах, що мають найвище видове різноманіття в угрупованнях клімаксного типу, а з іншого – тих, які характерні для піонерних угруповань, як це наведено у праці Я.П. Дідуха та П.Г. Плюти [5].

$$\frac{\text{Asteraceae} + \text{Brassicaceae}}{\text{Rosaceae}} = 3,9 \quad (1)$$

Отже, встановлене значення – 3,9, співпадає з показником пропорції для клімаксових типів угруповань і знаходиться в межах 0,5 – 5,0. Тим часом піонерні угруповання матимуть значно вищі значення, у межах 5,0 – 20,0 [5]. Синантропізаційні процеси проявляються в наявності адвентивних видів, зокрема і в складі лучно-степових угруповань, серед них найпоширенішими є *Asclepias syriaca* L. та *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort.

Родовий спектр нараховує 143 роди вищих спорових та квіткових рослин, переважна більшість з яких містить лише по одному виду (табл. 4).

Таблиця 4

Родовий спектр флори урочища «Великосалтанівська балка»

Показник кількості видів у родах	Кількість видів, од.	Частка, %
Роди з одним видом	105	73,4
Роди від двох до чотирьох видів	32	22,4
Родина з кількістю видів понад п'ять	6	4,2
Загальна кількість:	143	100,0

До найпредставленіших родів, які мають видів у кількості шість, належать *Astragalus* (*A. cicer* L., *A. dasianthus* Pall., *A. gluciphillos* L., *A. onobrychis* L., *A. pubiflorus* DC., *A. sulcatus* L.), *Carex* (*C. acutiformis* Ehrh., *C. caryophyllea* Latourr., *C. hirta* L., *C. muricata* L., *C. praecox* Schreb., *C. leporina* L.), *Festuca* (*F. gigantea* (L.) Vill., *F. ovina* L., *F. pratensis* Huds., *F. rubra* L., *F. rupicola* Heuff., *F. valesiaca* Gaudin), *Veronica* (*V. arvensis* L., *V. incana* L., *V. orchidea* Crantz, *V. praecox* All., *V. steppacea* Kotov, *V. verna* L.), по п'ять видів мають – *Trifolium* (*T. pratense* L., *T. hybridum* L., *T. medium* L., *T. repens* L., *T. aureum* Pollich), *Vicia* (*V. cassubica* L., *V. cracca* L., *V. pilosa* M. Bieb., *V. pisiformis* L., *V. villosa* Roth.).

У межах дослідженої балки виявлено місцезростання раритетного виду, занесеного до Червоної книги України – *Astragalus dasianthus*. Місцезростання його приурочене до схилу південної експозиції, де вид розміщений дифузно, з проективним покриттям 30 % на площі понад 25 м<sup>2</sup>.

Синфітоценофонд представлений формаціями *Elytrigieta intermedialis*, *Cariceta praecocis*, *Botriochloeta ischaemi*, *Koelerieta cristatae*, *Poeta angustifoliae*, *Elytrigieta repentis*, *Arrhenatereta elatius*, *Poeta pratensis*, *Calamagrostideta epigeioris*, *Bromopsideta inermis*, *Anthoxantheta odorati*, *Agrostideta alba*, *Agrostideta tenuis*, *Brizeta mediae*, *Festuceta pratensis*, *Dactyleta glomeratae*, *Phleeta pratensis*, *Alopecureta pratensis*.

Особливу соцологічну цінність становлять угруповання формації *Botriochloeta ischaemi*, які в межах Васильківського району Київської області знаходяться на північній межі свого поширення. Вони приурочені до південно-західних схилів з добре розвинутими чорноземними ґрунтами. У межах дослідженої балки розвиваються на стрімкому схилі південної експозиції формують монодомінантні з окремими фрагментами бідомінантних злакових угруповань, де едифікаторна роль належить *Bothriochloa ischaetum* (L.) Keng. Загальне проективне покриття тут коливається від 60 до 80%.

Травостій має досить чітку диференціацію на яруси. Таких тут можна виділити не менше трьох. Особливо добре помітний перший ярус висотою 80–120 см, основним компонентом

якого є едифікатор – *Botriochloe ischaetum*, його участь у покритті коливається на рівні 50–65%.

Окрім едифікатора, постійними компонентами тут є *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Місцями досить рясно цей ярус доповнюють *Melilotus albus* Medikus та *M. officinalis* (L.) Pall., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásk. та деякі інші види лучно-степового різнотрав'я. Водночас зазначимо, індивідуальна участь цих видів незначна 1–5% і сумарно не перевищують 10–15% загальною проективною покриття фітоценозів.

Другий ярус чисельний і різноманітніший, хоча його проективне покриття складає приблизно 15–25%. Висота цього ярусу 40–60 см. Найпомітніша в його складі різнотравна група видів, кількість яких більше 20, злаків – 10, а бобових – 14. Найтиповішими представниками цього ярусу є: *Agrostis tenuis* Sibth., *Festuca valesiaca*, *F. rupicola*, *F. pratensis*, *Poa pratensis* L., *Poa compressa* L., *Cynosurus cristatus* L., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Trifolium pratense*, *Medicago procumbens* Besser, *Genista tinctoria* L., *Salvia nutans* L., *Hieracium umbellatum* L., *Hypericum perforatum* L., *Pimpinella saxifraga* L., *Campanula patula* L., *Galium verum* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Origanum vulgare* L., *Centaurea jacea* L., *Ranunculus polyanthemos* L. та інші.

Третій ярус висотою 20–30 см зазвичай чисельний і представлений переважно лучно-степовим різнотрав'ям. У його складі часто трапляються *Trifolium repens*, *Stellaria graminea* L., *Eryngium campestre* L., *Eryngium planum* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Thymus serpyllum* L., *Hieracium pilosella*, *Echium russicum* S.G. Gmel., *Cerastium holosteoides* Fr., *Ajuga genevensis* L., *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston, *Plantago media* L., *Plantago lanceolata* L., *Nonea pulla* DC., *Achillea stepposa* Klokov et Krytzka, *Dianthus deltoides* L. та інші, але їхнє проективне покриття менше 1%.

Зі злакових асоціацій найпоширенішою є *Botriochloetum (ischaemi) purum*, яка характеризується масовим розвитком *Bothriochloa ischaetum* (L.) Keng. У результаті високої рясності едифікатора формуються майже суцільні зарості, в яких сукупне покриття решти видів не більше 10–15%.

Другу позицію в структурі угруповань формації займає *Botriochloetum (ischaemi) festucosum (valesiaca)*. Її особливістю є поєднання двох компонентів – *Bothriochloa ischaetum* і *Festuca valesiaca*, де перший виявляє більшу силу ценотичного впливу і визначає природу рослинних угруповань.

Складнішу асоціативну властивість має асоціація *Botriochloetum (ischaemi) calamagrostidoso(epigeioris)-festucosum (valesiaca)*, яка поєднує три ценобіонти з оптимальним співвідношенням едифікатора і співедифікаторів, які в сумі мають таке саме покриття, як і домінуючий злак, що надає їм екологічної рівноваги і фітоценотичної сталості.

Близька до описаної асоціація *Botriochloetum (ischaemi) calamagrostidoso(epigeioris)-festucosum(valesiaca)-lathyriosum (tuberosi)*, яка поєднує три злаково-бобові компоненти і створює складніші в ценотичному плані угруповання, що наближаються до категорії сталих, які відображають повну стадію клімакських сукцесій.

Асоціація *Botriochloetum (ischaemi) festucosum(valesiaca)-teucriosum (chamaedrys)* зазвичай характерна для добре прогріваних верхніх частин схилів південно-східної експозиції. У межах дослідженої балки трапляється спорадично на невеликих площах, що досягли високого ступеня остепення.

Названі рослинні степові угруповання в сучасному рослинному покриві трапляються зрідка, вони є відголосками значно поширених, у минулому, степів дослідженим регіоном. Нині вказані угруповання вказаних асоціацій знаходяться близько північної межі поширення південно-степових синтаксонів. Цінність цих угруповань полягає не тільки в збереженні ними ценотичної міри впливу на решту видів, але і як осередків збереження степових видів, які властиві для типових типчаково-бородачевих або типчаково-бородачевих різнотравних степів.

## Висновки

Отже, рослинний покрив урочища «Великосалтанівська балка» має значиму флористичну – місцезростання *Astragalus dasianthus* й фітоценотичну цінність (угруповання формації

*Botriochloeta ischaemi* на північній межі поширення), пропонується для заповідання шляхом створення ботанічного заказнику, як природного осередку лучної і степової рослинності та метою відновлення такого типу рослинності на перелогах, що межують з балкою.

Окрім того, запропоноване до заповідання урочище «Великосалтанівська балка», знаходиться поруч із ландшафтним заказником місцевого значення «Невідомщина» та ботанічною пам'яткою природи місцевого значення «Омелькова гора» у межах Стугненського природного коридору і входить до Дніпровського природного коридору загальнодержавного значення є однією із ключових територій регіональної екологічної мережі

Зважаючи на вказану природоохоронну цінність для забезпечення належних умов охорони і відтворення представників раритетного фітоценозноманіття в урочищі необхідно створити ботанічний заказник місцевого значення «Великосалтанівська балка», природні комплекси якого є частиною регіональної екологічної мережі й мають важливе екологічне значення.

1. *Александрова В. Д.* Изучение смен растительного покрова / В. Д. Александрова // Полевая геоботаника. М. — Л.: Наука, 1964. — С. 300—447.
2. *Василюк А. В.* Инвентаризация и меры по сохранению степных биотопов юга Киевской области / А. В. Василюк, И. Ю. Парникоза // Электронный ресурс — [доступ за адресою: <http://savesteppe.org/ru/archives/1582>]
3. *Геоботаническое* изучение лугов. Сборник бот. раб.: [под ред. И. Д. Юркевича и Е. А. Кручановой]. — Минск : Изд-во АН Белорусской ССР, 1962. — Вып. IV. — 146 с.
4. *Гриценко В. В.* Рідкісні види рослин лучних степів Київського плато / В. В. Гриценко // Актуальні проблеми дослідження та збереження фіторізноманіття. Матеріали конф. молодих учених ботаніків. Умань, 2005 р. — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — С. 85—86.
5. *Дідух Я. П.* Фітоіндикація екологічних факторів / Дідух Я. П., Плюта П. Г. — К.: Наук. думка, 1994. — 280 с.
6. *Лавренко Е. М.* Основные закономерности растительности сообществ и пути их изучения. Полевая геоботаника. / Е. М. Лавренко. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — Т. 1. — С. 13—75.
7. *Миркин Б. М.* Современная наука о растительности / Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. — М. : Логос, 2001. — 264 с.
8. *Определитель* высших растений Украины / [отв. ред. Ю. Н. Прокудин]. — К. : Наук. думка, 1987. — 548 с.
9. *Толмачев А. И.* Богатство флоры как объект сравнительного изучения / А. И. Толмачев // Вест. Ленингр. Ун-та., сер. биол. — 1970. — № 9. — С. 71—83.
10. *Фізична географія* Української РСР / [Маринич О. М., Ланько А. І., Щербань М. І., Тищенко П. Г.]. — К.: Вища школа, 1982. — С. 131—149.
11. *Юрцев Б. А.* Жизненные формы: один из узловых объектов ботаники / Б. А. Юрцев // Проблемы морфологической экологии растений. — М.: Наука, 1976. — С. 9—41.
12. *Якубенко Б. Є.* Природні кормові угіддя Лісостепу України: флора, рослинність, динаміка, оптимізація : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора біол. наук : спец. 03.00.05 — «Ботаніка» / Б. Є. Якубенко. — Київ, 2007. — 47 с.
13. *Якубенко Б. Є.* Степова рослинність балки Глибокої та прилеглих територій / Якубенко Б. Є., Григора І. М., Стеценко В. С. // Науковий вісник НАУ. — 2002. — Вип. 53. — С. 276—283.
14. *Якубенко Б. Є.* Балкові рослинні угруповання Лісостепу України / Б. Є. Якубенко // Науковий вісник НАУ. — 2003. — Вип. 65. — С. 55—70.
15. *Якубенко Б. Є.* Оптимізація природних кормових угідь Лісостепу України / Б. Є. Якубенко // Науковий вісник НАУ. — 2005. — Вип. 87. — С. 207—212.
16. *Якубенко Б. Є.* Оптимізація агроландшафтів як шлях збереження біорізноманіття в Лісостепу України / Б. Є. Якубенко // Наукові доповіді НАУ, електронний журнал. — № 1(2). — посилання за адресою: <http://www.nbu.gov.vale-journals/2006-1/06jbesac.ntml>.
17. *Artemova S.* Forest-steppe landscape organization of Eastern Europe (for example Penza region) / S. Artemova, N. Leonova // Journal of Wetlands Biodiversity. — 2014. — № 4. — P. 147—152
18. *History of East European Chernozem Soil Degradation; Protection and Restoration by Tree Windbreaks in the Russian Steppe* / [Y. G. Chendev, T. J. Sauer, G. H. Ramirez, C. L. Burras] // Sustainability. — 2015. — Vol. 7. — P. 705—724.



19. Mosyakin S. L. Vascular Plants of Ukraine a Nomenclatural Checklist / S.L.Mosyakin, M.M.Fedoronchuk. — Kiev: National Academy of Sciences of Ukraine M.G.Kholodny Institute of Botany, 1999. — I — XXIII, 1 — 346 p.

Б. Е. Якубенко, А. М. Чурилов

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

НЕОБХОДИМОСТЬ ЗАПОВЕДАНИЯ УЧАСТКОВ ОСТЕПНЕННЫХ ЛУГОВ УРОЧИЩА  
«ВЕЛИКОСАЛТАНОВСКАЯ БАЛКА» В ПРЕДЕЛАХ СТУГНЕНСКОГО ПРИРОДНОГО  
КОРИДОРА (КИЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ, УКРАИНА)

Приведен современный флористический состав, данные касающиеся раритетного фитоценообразия урочища «Великосалтанівська балка» Васильковского района Киевской области. Предложены пути обеспечения охраны растительного покрова и обоснована необходимость введения урочища в состав природно-заповедного фонда Киевской области.

Ключевые слова: охрана, фитораритеты, экологический коридор, остепнённые луга, флористическая структура, фитоценообразиие

B. Ye. Yakubenko, A. M. Churilov

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

NECESSITY TO CREATE PROTECTED AREAS ON SITES OF STEPPE-MEADOWS INTO THE  
"VELIKOSALTANIVSKA BALKKA" STEPPE LANDSCAPE WITHIN THE STUHNA NATURAL  
CORRIDOR (KYIV REGION, UKRAINE)

Necessity to create protected areas on sites of steppe-meadows into the "Velikosaltanivska balkka" steppe landscape within the Stuhna natural corridor in Kyiv region of Ukraine were grounded. A modern floristic structure and data which relating to the rare phytocoenodiversity of "Velikosaltanivska balkka" area in Vasylykiv district, Kyiv region were shown. Thus was established, that flora of the steppe landscape includes the 217 species of vascular plants from 49 families and 143 genera. In this case, the higher spore and gymnosperms have an insignificant role – 1.4% from the total number of species.

The results of an assessment of disturbance level into the natural vegetation cover showed a low meaning (3,9) of transformation into the natural vegetation communities of steppe landscape. Nevertheless, the synanthropic processes are revealing by the individual invasions and presence into natural steppe plant communities such adventitious species as *Asclepias syriaca* L. and *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort.

Significant vegetation and floristic structure value of the "Velykosaltanivska balkka" steppe landscape due to the presence habitat of rare species – *Astragalus dasianthus* Pall. and less frequent of plant communities from *Botriochloeta ishaemi* formation, which located on the northern part of their distribution area.

*Botriochloetum (ischaemi) purum* is the most common cereal associations, which characterized by the massive development of *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng. Another plant communities of *Botriochloeta ishaemi*, that are typically for the "Velykosaltanivska balkka" steppe landscape – *Botriochloetum (ischaemi) festucosum (valesiacaе)*, *Botriochloetum (ischaemi) calamagrostidoso(epigeioris)-festucosum (valesiacaе)*, *Botriochloetum (ischaemi) calamagrostidoso(epigeioris)-festucoso(valesiacaе)-lathyriosum (tuberosi)*, *Botriochloetum (ischaemi) festucoso(valesiacaе)-teucriosum (chamaedrys)*. The plant communities of the following association of steppe vegetation in the present vegetation cover are rare distributed. They are natural oases of the steppe vegetation in the Kyiv region, which has been widely spread in the previous time on the studied area. As a result of low suitability for plowing due to the steepness of the slopes, area of the "Velykosaltanivska balkka" is characterized by an optimal preserving of natural vegetation, especially plant communities of meadow steppes and steppe meadows that are typically for the Dnieper Upland. Furthermore the "Velikosaltanivska balkka" steppe landscape is located closely to the local landscape reserve "Nevidomschina" and the botanical nature monument of local importance

"Omelkova hora" within Stuhna natural corridor and included into the Dnieper natural corridor, as one of a significant areas of the ecological network in Kyiv region.

For this reason the steppe landscape was proposed for conservation as a natural area of the meadow and steppe vegetation, which supporting restoration of this vegetation type on bordering fallow-lands.

Thus, the ways of ensuring the protection of vegetation and the necessity of the introduction of the tract to the nature reserve fund of Kiev region were grounded.

*Keywords: protection, rare plants, ecological corridor, steppe-meadows, floral structure, phytocoenodiversity*

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 16.02.2017

# БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 561.263+57.086.83

Г. Б. ВІНЯРСЬКА, О. І. БОДНАР, Н. В. БУРЕГА, А. О. ПАЛЬЧИК,  
О. О. КАНТИЦЬКА, Л. А. ОНУФРІЙЧУК

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

## **КУЛЬТИВУВАННЯ *CHLORELLA VULGARIS* У ФОТОБІОРЕАКТОРІ НЕПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ПІД ВПЛИВОМ СОНЯЧНОЇ ІНСОЛЯЦІЇ**

Апробовано фотобіореактор інтенсивного культивування водорості *Chlorella vulgaris* Beij. за умов сонячної інсоляції з повністю контрольованими умовами в межах режимних параметрів за обраними критеріями оцінювання процесу культивування. Для перевірки ефективності функціонування оригінального фотобіореактора досліджували ріст у ньому *Chlorella vulgaris* Beij. (CHLOROPHYTA) у середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема № 11 за 21-27<sup>0</sup>С (22–25<sup>0</sup>С) та природного освітлення (сонячної інсоляції) (інтенсивність 9000 лк) упродовж 16 год/добу за додавання у культуральне середовище водних розчинів солей – натрій селеніту (Se (IV)) та ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (Zn<sup>2+</sup>) як активаторів росту. Встановлено, що за стабілізації та автоматичного контролю умов культивування у розробленому фотобіореакторі максимальна щільність культури досягається на 17 добу культивування із вмістом клітин 24,8 ± 1,8·10<sup>9</sup> кл/дм<sup>3</sup> та з їх кількістю у стаціонарній фазі на 14 добу – 16,1 ± 1,2·10<sup>9</sup> кл/дм<sup>3</sup>, що дає змогу вирощувати хлорелу в безперервному режимі з середньою продуктивністю біомаси у стаціонарному режимі близько 212,4 ± 18,1 мг сухої біомаси/дм<sup>3</sup> з вмістом ліпідів 19,02 ± 0,4 мг сухої маси/дм<sup>3</sup>. Рівень біомаси та ліпідів хлорели можна змінювати, використовуючи інтенсивність природної інсоляції та речовин-стимуляторів, що становить перспективу подальших досліджень.

*Ключові слова:* хлорела, фотобіореактор, сонячне освітлення, кількість клітин, біомаса, ліпіди

Останнім часом мікроводорості, зокрема *Chlorella vulgaris*, широко використовують як джерело білкової та ліпідної біомаси, а також біологічно активних речовин [13, 15]. Разом з тим, для водоростей характерне інтенсивне, нами показано, що завдяки включенню до її складу екзогенних мікроелементів, ця мікроводорість може утворювати біологічно активні комплекси для отримання біоенергетичних субстратів та речовин з потенційною фармакологічною дією [2, 4].

Загальноприйняті методи культивування для промислового вирощування біомаси мікроводоростей передбачають їх достатню освітленість, забезпечення вуглекислотою та іншими поживними речовинами [7, 17]. Оскільки вуглекислий газ є основним, а іноді і єдиним джерелом вуглецю, то хлорела може інтенсивно розвиватися тільки за достатньої його кількості. Необхідною умовою культивування також є підтримання температурного режиму (в межах 25–27<sup>0</sup>С) та величини рН (у діапазоні 5,5–6,5) живильного середовища [19].

Нині розроблено низку культиваторів для інтенсивного вирощування різних видів мікроводоростей з урахуванням біологічних особливостей відповідних культур [6, 8, 10, 12]. Одним з найбільш перспективних методів культивування є проточне вирощування водоростей,

за якого здійснюють автоматичний відбір клітин (врожаю), подання свіжого живильного середовища і стабілізацію оптичної щільності культури. Головною перевагою такого методу є можливість вести тривале безперервне вирощування водоростей із підтриманням постійної щільності суспензії на оптимальних значеннях, коли спостерігається максимальна продуктивність культури [19]. Недоліками стандартної технології є підвищення окислювально-відновного потенціалу в процесі поділу клітин хлорели до позитивних значень, що призводить до уповільнення процесів росту хлорели та потреба у високовартісному закордонному обладнанні.

Для неперервного культивування хлорели нами розроблено та апробовано фотобіореактор проточного типу в лабораторних умовах [1, 18], в якому за стабілізації хімічного складу та автоматичного контролю умов культивування значно збільшується кількість клітин, вміст біомаси та органічних речовин культури водоростей [18]. Однак, співвідношення вмісту протеїнів, вуглеводів і ліпідів можна змінювати, використовуючи інтенсивність та періодичність сонячного освітлення та речовин-стимуляторів біосинтезу окремих класів органічних речовин, наприклад Se (IV) і  $Zn^{2+}$  як активаторів росту і біосинтезу, в умовах природного культивування з метою зменшення витрат на культивування. Одночасно за умов включення зазначених мікроелементів до складу клітин водоростей, збагачену біомасу можна використовувати як біологічно активні добавки і фармацевтичні препарати [2].

Метою роботи було апробація фотобіореактора для інтенсивного культивування водорості під впливом сонячної інсоляції та активаторів росту (Se (IV) і  $Zn^{2+}$ ) із повністю контрольованими умовами у межах режимних параметрів за обраними критеріями оцінки процесу культивування хлорели.

### Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження була альгологічно чиста культура зеленої прісноводної водорості *Chlorella vulgaris* Weij., яку культивували на середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема № 11 при температурі 22–25°C та освітленні лампами денного світла (інтенсивність 2500 лк) впродовж 16 год на добу [9]. В експериментальних умовах водорість культивували у фотобіореакторі об'ємом 50 дм<sup>3</sup> впродовж 17 діб при температурі 21–27°C та природному освітленні інтенсивністю 9000 лк із 6.00 год до 22.00 год. При цьому використовували додаткове освітлення з використанням Led стрічок від 6.00 до 7.00 год та від 21.00 до 22.00 год з додаванням у культуральне середовище водних розчинів солей – натрій селеніту та  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  в розрахунку на кількість Se (IV) – 10,0 мг/дм<sup>3</sup> і  $Zn^{2+}$  – 5,0 мг/дм<sup>3</sup> [14]. Живлення CO<sub>2</sub> забезпечували автоматично балонним газом з чистотою 99,5% (ДСТУ 4817:2007, Сорт 1).

Показники температури середовища, рН, CO<sub>2</sub> контролювали автоматично за допомогою вбудованих у корпус культиватора електродів (рис. 1).

Відбір зразків біомаси водорості проводили кожних 3-4 доби, а кожних 7 діб доливали поживне середовище (по 2 дм<sup>3</sup>) з відповідними концентраціями Se (IV) та  $Zn^{2+}$ .

Чисельність клітин встановлювали за допомогою камери Горяєва, а біомасу розраховували стереометричним методом [11].

Ліпіди екстрагували хлороформ-метаноловою сумішшю у відношенні 2:1 за методом Фолча [5, 16]. При цьому до однієї масової частки вологої біомаси додавали 20 масових часток екстрагуючої суміші і залишали на 12 год для екстракції. Неліпідні домішки з екстракту видаляли шляхом відмивання 1% розчином KCl [5]. Кількість загальних ліпідів визначали ваговим методом після відгонки екстрагуючої суміші, висушували та зважували [3].

Споживання клітинами водорості CO<sub>2</sub> розраховували за інтенсивністю біосинтезу.

Статистичне опрацювання здійснювали з використанням t-критерієм Стьюдента за допомогою програми Statistica 5.0.

При проведенні експериментальних досліджень використано реактиви фірм “Sigma”, “Reanal” та “Химреактив” кваліфікація ч.д.а., вуглекислий газ ДСТУ 4817:2007, сорт 1 (АТ «Львівський хімічний завод»).

### Результати досліджень та їх обговорення

Для процесу культивування мікроводоростей при природному освітленні (рис. 1) було змінено режими перемішування, оскільки на зовнішню поверхню фотобіореактора попадало значно більше від оптимального сонячного світла, і, відповідно, прискорювався ріст культури. Навідміну від культивування *Ch. vulgaris* в закритій системі, при штучному освітленні в приміщенні [17], де головним завданням було підтримка температури нижнього порогу, при проведенні дослідження на природному освітленні, важливим завданням було запобігти перегріву культури.



Рис. 1. Система культивування *Ch. vulgaris*: а) плоский вертикальний фотобіореактор (1а) із контрольно-вимірювальною системою (2а); б) вимірювальний сервер (1б), термоакумулятор (2б), вуглекислотний балон (3б)

Оскільки, даний штам водорості знаходиться в умовах мезофільного температурного режиму, то у випадку зниження температури на 3–4<sup>0</sup>С від мінімально допустимої (19<sup>0</sup>С), процес росту сповільнюється, у випадку перегрівання середовища на 5–6<sup>0</sup>С, вище максимальної – 27–28<sup>0</sup>С, культура гине.

Регулювання температури середовища відбувалося за рахунок його теплообміну із ємністю для підігріву води через системи теплообмінників (рис. 2). У разі підвищення температури в культиваторі вище 27<sup>0</sup>С контрольно-вимірювальний модуль (КВМ) вмикає циркуляційний насос і за рахунок теплообмінника, розташованого на задній частині культиватора, знижує її. Якщо температура у культиваторі та ємності підігріву води нижча 21<sup>0</sup>С, то КВМ вмикає електричний підігрівач та утримує температуру середовища на заданому рівні. Щоб запобігти перегріванню (вище 27<sup>0</sup>С), КВМ виводить частину води із ємності для її підігріву та вводить додаткову порцію холодної із загальної мережі. Така система культивування мікроводоростей дозволяє безперервно генерувати біомасу.

Для перевірки вищевказаної технологічної схеми було розроблено спрощений лабораторний стенд термоакумулятора, ємністю 80 дм<sup>3</sup> із водою в якості теплоносія, який дозволив відбирати від фотобіореактора надлишки теплової енергії в день і використовувати її вночі. За рахунок збільшення теплової ємності системи фотобіореактора вдалося стабілізувати температуру в межах допустимих значень та попередити перегрів мікрокультури (рис. 2). Упродовж всього терміну культивування температурний режим підтримували у межах 21–27<sup>0</sup>С.

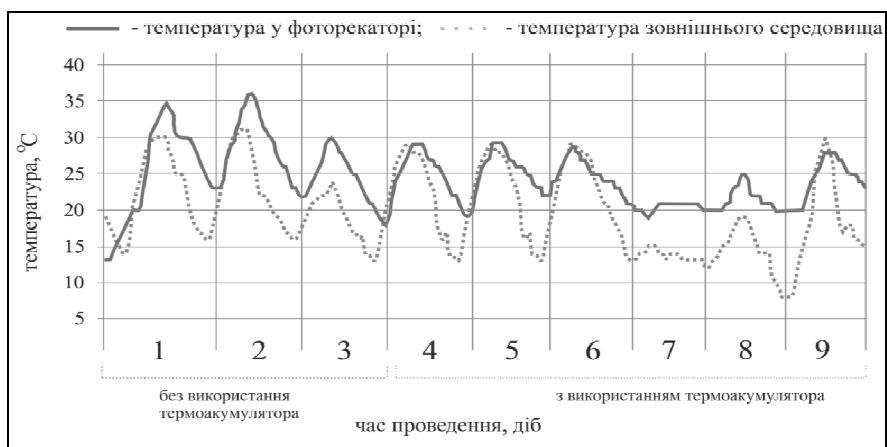


Рис. 2. Температурні режими роботи фотобіореактора без термоакумулятора з його використанням

Показник рН (рис. 3) вдень збільшувався з 1 доби (рН – 4,9) до 9 доби (рН – 6,7), після чого спостерігали зменшення рН до 17 доби (рН – 5,8), тоді як вночі рН збільшувався з 1 доби до 10 доби від 5,1 до 6,5, після чого також спостерігали зменшення показника до 17 доби (рН – 5,7).

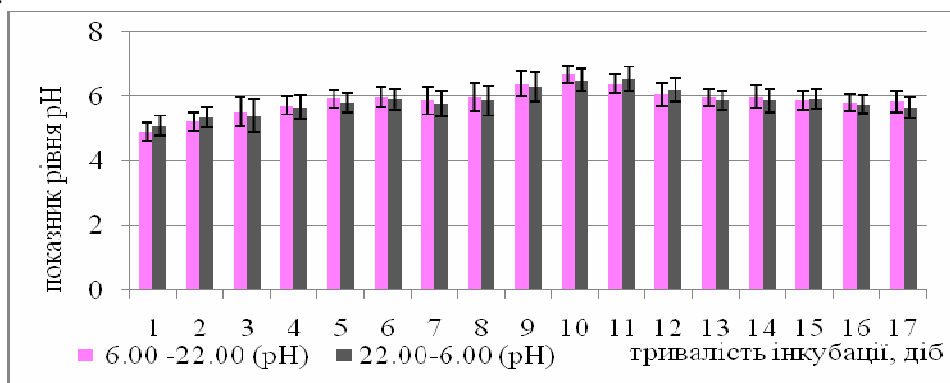


Рис. 3. Динаміка рН у фотобіореакторі

Запропонована система дала змогу здійснити тривале культивування *Ch. vulgaris* у стаціонарному режимі, про що свідчить динаміка вмісту клітин у культуральному середовищі (рис. 4). Кількість клітин водорості збільшувалася впродовж всього періоду дослідження: на 5 добу – у незначних кількостях, на 8 добу – у 5,4 рази, на 12 добу – майже у 9 разів, на 15 добу – у 12,1 рази і на 19 добу – у 18,6 рази порівняно із кількістю клітин на 1 добу.

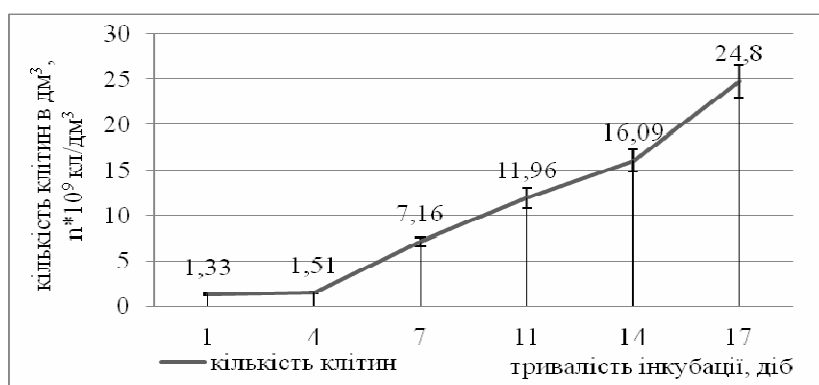


Рис. 4. Динаміка кількості клітин в експериментальному фотобіореакторі за сонячного освітлення

Аналогічно динаміці клітин водорості була динаміка кількості їх загальної біомаси та ліпідів (рис. 5).

Встановлено, що біомаса, як і кількість ліпідів, збільшувалася протягом усього періоду культивування хлорели. Так, на 5 день біомаса збільшилася на 34,2%, на 8 добу – на 94,7%, на 12 добу – на 155,3%, на 15 добу – на 178,9% та на 19 добу – на 350% порівняно із біомасою на 1 добу.

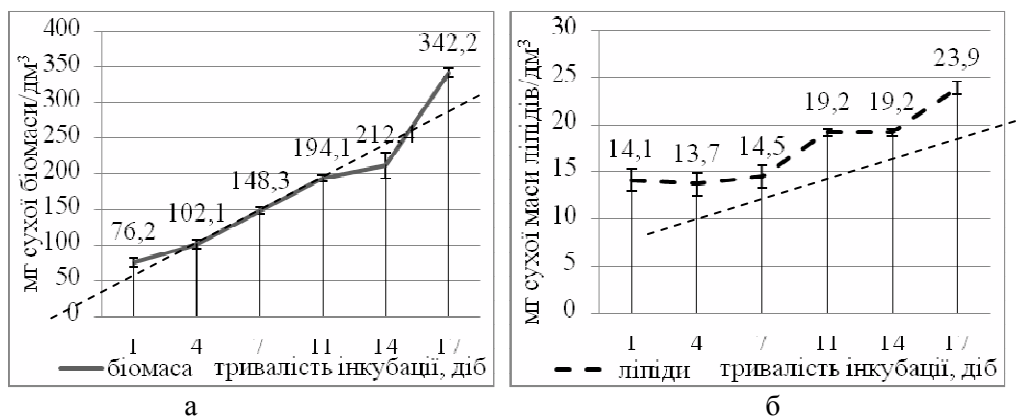


Рис. 5. Динаміка біомаси (а) і ліпідів (б) в експериментальному фотобіореакторі за сонячного освітлення

Щодо ліпідів то їх вміст також збільшився порівняно із вмістом ліпідів на 1 добу експерименту на 36,2% на 12 і 15 доби та на 69,5% на 19 добу культивування.

### Висновки

Встановлено, що за стабілізації та автоматичного контролю умов культивування *Chlorella vulgaris* у розробленому фотобіореакторі під впливом сонячної інсоляції максимальну щільність культури спостерігали на 17 добу культивування із вмістом клітин  $24,8 \pm 1,8 \cdot 10^9$  кл/дм<sup>3</sup> та з кількістю у стаціонарній фазі на 14 добу в межах  $16,1 \pm 1,2 \cdot 10^9$  кл/дм<sup>3</sup>. Це дає змогу вирощувати хлорелу в безперервному режимі з використанням природного освітлення із середньою продуктивністю біомаси у стаціонарному режимі близько  $212,4 \pm 18,1$  мг сухої біомаси/дм<sup>3</sup> та вмістом ліпідів  $19,02 \pm 0,4$  мг сухої маси/дм<sup>3</sup>. Вміст біомаси та ліпідів хлорели можна змінювати, використовуючи сонячне світло та речовини-стимулятори біосинтезу окремих класів органічних речовин, що становить перспективу подальших досліджень.

Дані дослідження дають змогу розробити подальшу стратегію розвитку технології в зоні помірного клімату, яка полягає у зменшенні впливу температурних перепадів за рахунок збільшення теплової інерції фотобіореактора та зменшення впливу від штучного освітлення шляхом повної відмови від нього і переведення реактора лише на отримання енергії від сонячного випромінювання.

1. Бурега Н. В. Дослідження енергетичних параметрів утилізації вуглекислоти у плоскому фотореакторі під впливом штучного та природного освітлення / Н.В. Бурега, М.І. Рутило, А.О. Пальчик // IV міжнародна науково-практична конференції «Проблеми та перспективи розвитку енергетики, електротехнологій та автоматики в АПК» 20-21 листопада 2016 р. у м. Київ. — С. 32—33.
2. Вінярська Г. Б. Накопичення селену та його вплив на метаболізм у *Chlorella vulgaris* Beij. в культурі за дії селеніту натрію та йонів металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.04 «Біохімія» / Г.Б. Вінярська. — Тернопіль, 2016. — 24 с.
3. Кейтс М. Техніка липидології. Выделение, анализ и идентификация липидов / М. Кейтс. — М.: Мир, 1975. — 322 с.
4. Луців А. І. Регуляція біосинтезу ліпідів у *Chlorella vulgaris* Beij. іонами металів та нафтопродуктами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.04 «Біохімія» / А. І. Луців. — Тернопіль, 2015. — 24 с.

5. *Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен) : Учебное пособие / Под ред. М.И. Прохоровой. — Л.: ЛГУ, 1982. — 273 с.*
6. *Патент № 102777 Україна / Лабораторний фотобіореактор / Кравченко І.П., Карпенко В.І., Дідківська Г.Г.; опубл. 11.25.2015.*
7. *Патент № 2176667 Рос. Федерация, ИФР № С-111 / Способ культивирования микроводорослей на основе штамма *Chlorella vulgaris* / Богданов Н.И., Куницын М.В.; опубл. 12.10.2001.*
8. *Патент № 93282 Україна / Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей / Чернов П.Я.; опубл. 01.25.2011.*
9. *Романенко В. Д. Основы гидроэкологии / В.Д. Романенко. — Киев: Генеза, 2004. — 664 с.*
10. *Сидоров Ю. І. Фотобіореактори / Ю.І. Сидоров // Біотехнологія. — 2010. — № 3 (5). — С. 19—30.*
11. *Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А.В. Топачевский, Н.П. Масюк. — Киев : Наукова думка, 1984. — 336 с.*
12. *Шаманський С.Й. Установка для біоконверсії сонячної енергії безперервної дії / С.Й. Шаманський // Наукові технології. — 2015. — № 26 (2) — С. 115—119.*
13. *Abd El H. Healthy benefit of microalgal bioactive substances / H. El Abd Baky, G.S. El-Baroty // J. Aquat. Sci. — 2013. — N. 1 (1). — P. 11—23.*
14. *Ahalya N. Biosorption of Heavy Metals / N. Ahalya, T.V. Ramachandra, R.D. Kanamadi // Research J.of Chemistry & Environment. — 2003. – Vol. 7, N. 4. — P. 71—78.*
15. *Herrero M. Supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae / M. Herrero, A. Cifuentes, E. Ibanez // A review. Food Chem. — 2006. — N. 98. — P. 136—148.*
16. *Hokin L. E. Studies on the characterization of the sodium-potassium transport adenosine triphosphatase IX. On the role of phospholipids in the enzyme / L.E. Hokin, T.D. Hexum // Arch. Biochem.andBiophys. — 1992. — Vol. 151, N. 2. — P. 58—61.*
17. *Kim S. Growth rate, organic carbon and nutrient removal rates of *Chlorella sorokiniana* in autotrophic, heterotrophic and mixotrophic conditions / S. Kim, J. E. Park, Y.B. Cho // Bioresour. Technol. — 2013. — N. 144 (1). — P. 8—13.*
18. *Optimization of *Chlorella vulgaris* Beij. cultivation in a bioreactor of continuous action / [O.I. Bodnar, N.V. Burega, A.O. Palchyk and other] // Biotechnologia Acta. — 2016. — V. 9, N. 4. — P. 42—49.*
19. *Sidorov Yu. I. Photobioreactors / Yu.I. Sidorov // Biotechnologiya. — 2010. — N. 3 (5). — P. 19—30.*

*Г. Б. Винярская, О. И. Боднар, Н. В. Бурега, А. А. Пальчик, О. О. Кантицкая, Л. А. Онуфрийчук*  
Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

#### КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *CHLORELLA VULGARIS* В ФОТОБИОРЕАКТОРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ

Апробировано фотобіореактор інтенсивного культивування водоросли *Chlorella vulgaris* Beij. в умовах сонячної інсоляції з повністю контролюваними умовами в межах режимних параметрів по вибраним критеріям оцінки процесу культивування. Для перевірки ефективності функціонування оригінального фотобіореактора дослідували в ньому ріст *Chlorella vulgaris* Beij. (CHLOROPHYTA) при 21-27<sup>0</sup>С і природному освітленні (сонячної інсоляції) (інтенсивність 9000 лк) впродовж 16 ч/сутки при додаванні в культуральну середовище водних розчинів солей – натрія селеніта (Se (IV)) і ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (Zn<sup>2+</sup>) в якості активаторів росту. Встановлено, що при стабілізації і автоматичного контролю умов культивування в розробленому фотобіореакторі максимальна густина культури досягається на 17 днів культивування з вмістом клітин 24,8 ± 1,8·10<sup>9</sup> кл/дм<sup>3</sup> і з їх кількістю в стаціонарній фазі на 14 днів – 16,1 ± 1,2·10<sup>9</sup> кл/дм<sup>3</sup>, що дозволяє вирощувати хлореллу в неперервному режимі з середньою продуктивністю біомаси в стаціонарному режимі близько 212,4 ± 18,1 мг сухої біомаси/дм<sup>3</sup> з вмістом ліпідів 19,02 ± 0,4 мг сухої маси/дм<sup>3</sup>. Кількість біомаси і ліпідів хлорелли можна змінювати, використовуючи інтенсивність природної інсоляції і речовин-стимуляторів, що становить перспективу подальших досліджень.

*Ключевые слова: хлорелла, фотобіореактор, сонячне освітлення, кількість клітин, біомаса, ліпіди*



*H. B. Viniarska, O. I. Bodnar, N. V. Burega, A. O. Palchyk, O. O. Kantycka, L. A. Onufrijchuk*  
Volodymyr Gnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

CULTIVATION *CHLORELLA VULGARIS* IN PHOTOBIOREACTOR CONTINUOUSLY  
OF INFLUENCE SOLAR RADIATION

Were tested photobioreactor intensive cultivation of algae *Chlorella vulgaris* Beij. with the conditions of solar insolation of completely controlled environment within the operating parameters for the selected criteria evaluation process of cultivation.

The efficiency of the functioning of the original photobioreactor with continuous mode of algae cultivation was checked. Using this photobioreactor it was investigated the growth of freshwater green alga *Chlorella vulgaris* Beij. (CHLOROPHYTA) under conditions of the Fitzgerald's medium N 11 in the modification of Zender and Gorham at 22–25°C and natural light (solar radiation) (intensity 9000 lux) during 16 hours / day by adding to the culture medium aqueous solutions of salts - sodium selenite (Se (IV)) and ZnSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O (Zn<sup>2+</sup>) as an activator of growth.

Establish that under the influence of solar insolation and the stabilization and automatic control of *Chlorella vulgaris* cultivation conditions in the this photobioreactor were observed maximum density cultures for 17 days culturing cells containing  $24,8 \pm 1,8 \cdot 10^9$  cells / dm<sup>3</sup> and the number of stationary phase 14 day within  $16,1 \pm 1,2 \cdot 10^9$  cells / dm<sup>3</sup>.

This is an opportunity to grow *Chlorella* in continuous mode using natural light with an average capacity of biomass in stationary mode about  $212,4 \pm 18,1$  mg of dry biomass / dm<sup>3</sup> and lipid content of  $19,02 \pm 0,4$  mg dry weight / dm<sup>3</sup>.

The proposed system of cultivation *Chlorella* stimulates the accumulation of biomass and lipids. Under these conditions, the content of organic compounds algae can be customized using sunlight and stimulant substances biosynthesis of various classes of organic compounds.

These studies make it possible to develop a further strategy of technology in the temperate zone. It is to reduce the impact of temperature changes by increasing the thermal inertia photobioreactor and reduce the impact of artificial lighting by the complete abandonment of it and transfer the reactor only on the energy of sunlight.

In comparison with other analogous the proposed method of growing algae decreases total power consumption of the process through the use of solar radiation and through selection excess thermal energy obtained during operation of power plants. Also, there improving its quality indicators of cultivation process by filtering the flue gases from the selection of their carbon dioxide management and control of mineral and gas composition of medium, temperature and light mode control and metering system.

The resulting method of cultivation of microalgae allows continuously generate biomass of microalgae, take away carbon dioxide from the atmosphere and combustion systems, and can be used for the production of lipids and as an element of independent property management.

*Keywords:* *Chlorella*, photobioreactor, solar radiance, amount of cells, biomass, lipids

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 13.02.2017

УДК 58.085: 582.923.1

<sup>1</sup>Л. Р. ГРИЦАК, <sup>2</sup>В. М. МЕЛЬНИК, <sup>2</sup>І. І. КОНВАЛЮК, <sup>1</sup>Н. Б. КРАВЕЦЬ,  
<sup>1</sup>М. З. МОСУЛА, <sup>1</sup>Н. М. ДРОБИК

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

<sup>2</sup>Інститут молекулярної біології і генетики НАН України  
вул. Акад. Заболотного, 150, Київ, 03143

## **МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ ВИДІВ РОДУ *GENTIANA L.* ФЛОРИ УКРАЇНИ**

Підібрано умови для мікроклонального розмноження семи видів роду Тирлич (*Gentiana L.*) флори України: *G. acaulis L.*, *G. asclepiadea L.*, *G. cruciata L.*, *G. lutea L.*, *G. pneumonanthe L.*, *G. punctata L.*, *G. verna L.* Встановлено, що оптимальним для мультиплікації тирличів є середовище МС/2, доповнене різними співвідношеннями цитокинінів БАП (0,05–0,5 мг/л) та Кін (0,1–0,2 мг/л). Для кожного виду та його представників з різних місць зростання виявлено оптимальне для ефективного мікроклонування співвідношення фітогормонів. Відсоток живців з мікроклонами для більшості видів складав 70–90 %. Кількість утворених адвентивних пагонів на одному живці лежала в межах 2,62–7,35 та була найбільшою у випадку *G. verna* і найменшою – у *G. acaulis* і *G. punctata*.

*Ключові слова:* види роду *Gentiana L.*, флора України, мікроклональне розмноження

Тирлич (*Gentiana L.*) – найбільший рід родини *Gentianaceae Juss.*, який охоплює близько 400 видів [20, 23, 25]. В Україні рід *Gentiana* представлений 10 видами: 8 багаторічними – *G. acaulis L.*, *G. asclepiadea L.*, *G. cruciata L.*, *G. laciniata Kit. ex Kanitz.*, *G. lutea L.*, *G. pneumonanthe L.*, *G. punctata L.*, *G. verna L.*, і 2 однорічними – *G. nivalis L.* та *G. utriculosa L.* [2, 6–8, 12, 18].

В Україні види роду Тирлич поширені здебільшого у високогірних районах Карпат. П'ять видів роду занесені до Червоної книги України: *G. lutea*, *G. punctata* належать до зникаючих видів, *G. acaulis*, *G. laciniata*, *G. verna* – до вразливих, які у майбутньому можуть бути віднесені до категорії зникаючих [16].

Рослини цих видів знайшли широке застосування у світовій офіциальній та народній медицині. Лікувальні властивості рослин обумовлені синтезом у їхній підземній та надземній частинах широкого спектру біологічно активних речовин (БАР) – іридоїдів, алкалоїдів, ксантонів, флавоноїдів, фенолкарбонових кислот тощо, дія яких на організм людини проявляється у регуляції діяльності травної, дихальної, видільної систем, поліпшенні обміну речовин в організмі тощо [1, 4, 11, 14].

Зважаючи на фармакологічну цінність представників роду *Gentiana* флори України, декоративність багатьох з них, і у зв'язку з цим, зменшення їхньої чисельності, спричинене різними, у тому числі й антропогенними чинниками, а також складну біологію та фрагментарність досліджень цих рослин, актуальною є розробка технологій мікроклонального розмноження тирличів. Метод мікроклонування як один із методів біоконсервації *in vitro* можна з успіхом використовувати для масового розмноження різних груп корисних рослин, і особливо, для відновлення рідкісних, зникаючих і корисних видів у природних умовах їх зростання [10, 17].

Метою роботи був підбір умов для мікроклонального розмноження семи видів роду *Gentiana* флори України.

### **Матеріал і методи досліджень**

Мікророзмноження тирличів ми проводили шляхом прямого морфогенезу, використовуючи для цього ділянки пагона з пазушними бруньками, оскільки відомо, що регенеровані таким способом рослини є здебільшого генетично однорідними, ідентичними батьківській формі [9].

На здатність до мікроклонального розмноження досліджених нами семи видів вивчали агаризовані та рідкі середовища Мурасіге, Скуга [22] з половинним вмістом макро- та мікросолей (МС/2) та МС/2 із збільшеною вдвічі концентрацією  $\text{CaCl}_2$  (МС/2<sub>мод</sub>), доповнені комбінаціями різних концентрацій 6-бензиламінопурину (БАП) (0,05–0,5 мг/л) і кінетину (Кін) (0,1 мг/л і 0,2 мг/л) (табл. 1, табл. 2).

### Результати досліджень та їх обговорення

З'ясовано, що процес формування мікроклонів із рослин *G. lutea* та *G. verna* краще відбувався у рідкому середовищі, інших досліджених видів – в агаризованому (рис. 1). Середовище МС/2 із збільшеною вдвічі концентрацією  $\text{CaCl}_2$  найбільш ефективно порівняно з іншими варіантами середовищ сприяло росту *in vitro* рослин рівненської популяції *G. lutea* та туркульської популяції *G. acaulis*. Рослини з інших популяцій цих видів не потребували підвищеного вмісту  $\text{CaCl}_2$  у середовищі.

Тому й при підборі умов для мікроклонального розмноження пізніше введених в культуру *in vitro* видів (*G. cruciata*, *G. pneumonanthe*, *G. verna*) середовище МС/2<sub>мод</sub> не тестувалося.

***G. lutea***. При підборі умов для клонального мікророзмноження використані живці рослин виду із чотирьох популяцій. При цьому встановлено, що рідке живильне середовище МС/2, доповнене 0,05 мг/л БАП та 0,05 мг/л БАП у найбільшій мірі сприяло формуванню адвентивних пагонів рогнеської, трояської та пожижевської популяцій (рис. 1, б). Вісоток живців, здатних формувати пагони (74,5–91,7 %), та кількість сформованих пагонів у розрахунку на один живець (5,5–6,5) для досліджених рослин *G. lutea* із трьох популяцій на цьому середовищі були максимальними.

Таке ж співвідношення фітогормонів, але у середовищі із збільшеною вдвічі концентрацією  $\text{CaCl}_2$ , було найбільш сприятливим для мікроклонування рослин *G. lutea* із рівненської популяції. За тих умов вирощування кількість експлантів, здатних формувати мікроклони, складала для рослин із рівненської популяції 91,7 %, а кількість пагонів у розрахунку на один живець – 4,25.

***G. acaulis***. Відсоток живців, на яких формувалися пагони, та кількість пагонів у розрахунку на один живець для рослин цього виду з реберської та туркульської популяцій були досить низькими. Найбільш сприятливим для мікроклонування серед протестованих було агаризоване середовище МС/2, доповнене 0,2 мг/л БАП та 0,2 мг/л Кін – у випадку рослин з реберської популяції та середовище МС/2<sub>мод</sub>, доповнене 0,5 мг/л БАП та 0,1 мг/л Кін – для рослин туркульської популяції. За тих умов кількість експлантів рослин туркульської популяції, здатних формувати мікроклони, складала 83,3 %, а кількість пагонів у розрахунку на живець – 2,63. На середовищі такого ж складу, але без збільшення концентрації  $\text{CaCl}_2$ , ці показники були наступними – 45,8 % та 0,83 (табл. 1, рис. 2).

***G. punctata***. Ефективність мікроклонування т. крапчастого з трьох різних популяцій була найвищою на агаризованому середовищі МС/2, доповненому 0,5 мг/л БАП та 0,1 мг/л Кін. (рис. 1, а). Відсоток живців з мікроклонами (80,3 %) та кількість сформованих адвентивних пагонів (3,22) були найвищими для рослин з трояської популяції (табл. 1, рис. 2).

***G. asclepiadea***. Виявлено, що найбільш сприятливим для формування мікроклонів як пожижевської, так і великомиглівської популяції, є агаризоване живильне середовище МС/2, доповнене 0,5 мг/л БАП і 0,1 мг/л Кін. Відсоток здатних до мультиплікації живців на цьому середовищі був досить високим – 89,4 % (пожижевська популяція) та 90,1 % (великомиглівська популяція). Середня кількість мікроклонів у розрахунку на один живець становила 4–5 шт. (пожижевська популяція) та 8–9 шт. (великомиглівська популяція) (табл. 1, рис. 2).

***G. pneumonanthe***. Серед протестованих середовищ оптимальним для мультиплікації *G. pneumonanthe* з вигодської та корюківської популяцій було агаризоване середовище МС/2, доповнене 0,2 мг/л БАП і 0,2 мг/л Кін. За таких умов на 74,7 % експлантів рослин корюківської та 66,8 % вигодської популяцій формувалися мікроклони, кількість яких у розрахунку на один живець складала 6,32 та 7,21 відповідно (табл. 2, рис. 2).

***G. cruciata***. У найбільшій мірі сприяло мультиплікації рослин *G. cruciata* (с. Креничі) агаризоване середовище МС/2, доповнене 1 мг/л БАП і 0,2 мг/л Кін (рис. 1, в), на якому

кількість експлантів, здатних формувати мікроклони, становила 62,3 %, а кількість пагонів у розрахунку на один висаджений живець складала 7,35.

Для ефективного мікроклонування тирличу хрещатого з іншої популяції (заповідник “Медобори”) потрібні вдвічі менші концентрації цитокінінів БАП і Кін у живильному середовищі. При цьому на 69,4 % висаджених експлантів відбувалося формування мікроклонів, кількість яких на один живець складала 5,94 (табл. 2, рис. 2).

**G. verna.** Нами встановлено, що формування мікроклонів краще відбувалося на рідких живильних середовищах. Найбільш оптимальним для мультиплікації *G. verna* було середовище МС/2, доповнене 1 мг/л БАП і 0,2–0,3 мг/л Кін (рис. 1, з), на якому кількість експлантів, здатних формувати адвентивні пагони, становила 74,5 %, а кількість пагонів у розрахунку на один висаджений живець складала 7,48 (табл. 2, рис. 2).

Таблиця 1

Мікроклональне розмноження *G. lutea*, *G. acaulis*, *G. punctata* та *G. asclepiadea*

Вид	Місце зростання	Живильне середовище				
		МС/2 <sub>мод.</sub> 0,05 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін	МС/2, 0,05 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін	МС/2 <sub>мод.</sub> 0,5 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін	МС/2, 0,2 мг/л БАП+ 0,2 мг/л Кін	МС/2, 0,5 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін
		Кількість адвентивних пагонів/на живець				
		Кількість живців, на яких формуються мікроклони, %				
1	2	3	4	5	6	7
<i>G. lutea</i>	пол. Рогнеска	2,28±0,21	<b>5,50±0,45</b>	1,47±0,13	1,48±0,19	1,14±0,09
		55,2±4,88	<b>74,5±6,56</b>	48,3±6,94	54,7±4,66	51,5±3,65
	г. Трояска	2,95±0,23	<b>5,88±0,55</b>	2,04±0,18	1,66±0,21	1,32±0,08
		61,4±5,98	<b>82,3±6,78</b>	59,2±5,33	49,4±4,18	45,7±3,87
	пол. Рівна	<b>4,25±0,41</b>	1,50±0,11	1,85±0,12	1,16±0,08	0,46±0,03
		<b>91,7±5,63</b>	54,2±5,17	56,8±5,15	39,7±3,38	31,4±2,58
г. Пожи- жевська	1,20±0,09	<b>6,50±0,36</b>	0,90±0,06	1,85±0,16	1,34±0,11	
	35,4±3,18	<b>82,7±7,34</b>	30,1±2,58	64,1±5,11	42,4±3,48	
<i>G. acaulis</i>	г. Туркул	1,55±0,14	0,74±0,05	<b>2,63±0,24</b>	0,86±0,07	0,83±0,07
		69,4±5,86	25,2±2,14	<b>83,3±7,61</b>	55,3±4,12	45,8±4,17
	г. Ребра	0,76±0,07 29,2±2,18	1,22±0,09 56,2±4,36	0,85±0,09 32,4±2,84	<b>3,10±0,27</b> <b>81,2±6,79</b>	1,31±0,07 69,4±5,86
<i>G. punctata</i>	г. Брескул	1,12±0,09	2,28±0,17	1,23±0,08	2,46±0,22	<b>3,11±0,24</b>
		49,4±3,76	68,2±4,76	44,4±3,26	58,2±4,18	<b>69,5±5,54</b>
	г. Трояска	0,68±0,04	2,47±0,21	1,48±0,12	2,88±0,27	<b>3,22±0,19</b>
		28,4±3,36	73,4±6,18	39,8±2,84	76,4±6,14	<b>80,3±6,98</b>
	г. Пожи- жевська	0,68±0,03	1,52±0,07	0,80±0,06	2,35±0,22	<b>2,62±0,19</b>

<i>Продовження таблиці 1</i>						
<i>G. asclepiadea</i>		22,8±2,16	44,5±4,12	36,7±3,24	70,2±6,98	<b>74,9±7,11</b>
	г. Пожи- жевська	0,85±0,07	1,44±0,03	1,10±0,07	2,82±0,21	<b>4,60±0,31</b>
		32,2±2,94	54,6±4,18	48,6±3,48	64,6±4,28	<b>89,4±7,87</b>
	г. Велика Мигла	1,08±0,09	2,31±0,11	1,52±0,09	3,45±0,22	<b>5,95±0,18</b>
		42,2±3,94	62,4±4,98	49,3±4,12	74,4±6,88	<b>90,1±7,86</b>

*Примітка.* Напівжирним шрифтом виділено найвищі показники ефективності мікроклонування.



*a*



*б*



*в*



*г*

Рис. 1. Мікрокломальне розмноження деяких видів роду *Gentiana*: *a* – *G. punctata*; *б* – *G. lutea*; *в* – *G. cruciata*; *г* – *G. verna*

Мікроклональне розмноження *G. pneumonanthe*, *G. cruciata* та *G. verna*

Вид	Місце зростання	Живильне середовище				
		МС/2, 0,05 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін	МС/2, 0,1 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін	МС/2, 0,5 мг/л БАП+ 0,1 мг/л Кін	МС/2, 0,2 мг/л БАП+ 0,2 мг/л Кін	МС/2, 1,0 мг/л БАП+ 0,2 мг/л Кін
		Кількість адвентивних пагонів/на живець				
		Кількість живців, на яких формуються мікроклони, %				
<i>G. cruciata</i>	с. Креничі	0,44±0,02	0,89±0,05	6,22±0,21	1,64±0,16	<b>7,35±0,28</b>
		34,4±3,16	40,2±4,18	48,2±3,34	34,8±3,36	<b>62,3±5,78</b>
	З-ник "Медо-бори"	0,78±0,04	1,78±0,12	<b>5,94±0,36</b>	3,84±0,18	5,12±0,11
		19,2±1,86	29,8±2,16	<b>69,4±7,44</b>	43,8±4,13	54,3±4,88
<i>G. pneumonanthe</i>	Корюківське лісництво	0,95±0,04	5,21±0,32	1,86±0,13	<b>6,32±0,43</b>	2,65±0,16
		24,2±2,28	52,8±5,39	38,3±2,98	<b>74,7±6,34</b>	42,2±3,94
	с. Вигода	1,45±0,09	6,11±0,53	2,32±0,18	<b>7,21±0,64</b>	3,21±0,22
		22,4±2,14	56,4±4,76	32,2±3,12	<b>66,8±6,86</b>	43,4±3,46
<i>G. verna</i>	урочище Героджівка	1,44±0,12	1,88±0,14	2,22±0,18	3,11±0,24	<b>7,48±0,67</b>
		66,4±5,76	68,2±5,88	72,2±6,44	80,2±7,34	<b>74,5±6,12</b>

Примітка. Напівжирним шрифтом виділено найвищі показники ефективності мікроклонування.

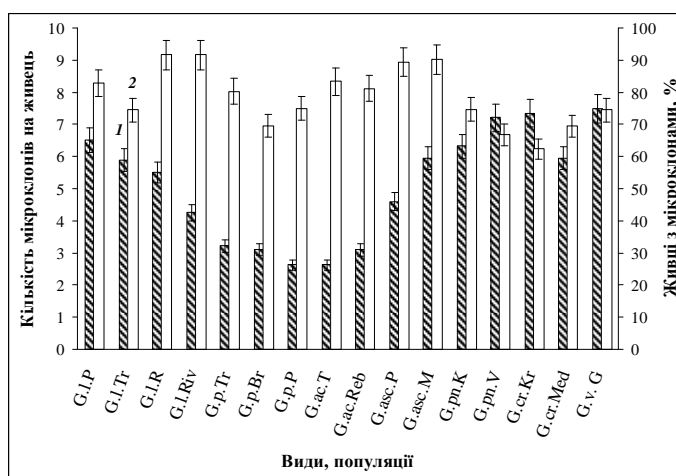


Рис. 2. Показники клонального мікророзмноження видів роду *Gentiana* на оптимальних із протестованих живильних середовищах: 1 – кількість мікроклонів на живець; 2 – живці з мікроклонами, %;

G.I.P – *G. lutea* (г. Пожижевська); G.I.Tr – *G. lutea* (г. Трояска); G.I.R – *G. lutea* (полонина Рогнеска); G.I.Riv *G. lutea* (полонина Рівна); G.p.Tr – *G. punctata* (г. Трояска); G.p.Br – *G. punctata* (г. Брескул); G.p.P – *G. punctata* (г. Пожижевська); G.ac.T – *G. acaulis* (г. Туркул); G.ac.Reb – *G. acaulis* (г. Ребра); G.asc.P – *G. asclepiadea* (г. Пожижевська); G.asc.M – *G. asclepiadea* (г. Велика Мигла); G.pn.K – *G. pneumonanthe* (Корюківське лісництво); G.pn.V – *G. pneumonanthe* (с. Вигода); G.cr.Kr – *G. cruciata* (с. Креничі); G.cr.Med – *G. cruciata* (заповідник «Медобори»); G.v.G – *G. verna* (урочище Гереджівка).

Порівняння результатів мікроклонального розмноження досліджених нами семи видів тирличів флори України дозволило встановити деякі особливості отримання життєздатних адвентивних пагонів цих видів. Зокрема, з'ясовано, що оптимальним для мультиплікації різних видів тирличів було середовище МС/2. Поряд із цим, для *G. verna*, як і для *G. lutea*, процес формування мікроклонів із рослин краще відбувається на рідкому середовищі МС/2, тоді як для видів *G. acaulis*, *G. asclepiadea*, *G. cruciata*, *G. pneumonanthe* та *G. punctata* – на агаризованому. Рослини з окремих популяцій *G. lutea* (рівненська) та *G. acaulis* (туркульська) для підвищення ефективності формування адвентивних пагонів потребували внесення у живильні середовища більших кількостей  $\text{CaCl}_2$ . У той же час, ефективність мікроклонування тирличів залежить від співвідношення концентрацій фітогормонів у середовищі, яке, в свою чергу, визначається потребами конкретного виду та вихідного генотипу. Різні співвідношення фітогормонів у живильному середовищі були оптимальними для ефективного мікроклонування рослин *G. lutea*, *G. acaulis*, *G. cruciata* з різних місць зростання.

У той же час, популяційна приналежність *G. asclepiadea*, *G. pneumonanthe* та *G. punctata* не впливала на склад оптимального для мультиплікації рослин середовища. Кількість утворених адвентивних пагонів на одному живці у випадку *G. verna* порівняно з іншими дослідженими видами була найвищою – 7,48. Близькими до т. весняного були показники ефективності мікроклонування *G. cruciata* (с. Креничі) – 7,35, *G. lutea* (г. Пожижевська) – 6,5 та *G. pneumonanthe* (Корюківське лісництво) – 6,32. Дещо меншими були ці показники для інших популяцій цих видів та для *G. asclepiadea*, тоді як для *G. acaulis* і *G. punctata* показники ефективності мікроклонування були найменшими. Очевидно, така висока здатність *G. verna* до утворення мікроклонів визначається будовою пагона і структурою пагоневої системи цього виду, зокрема здатністю поліциклічного пагона утворювати кілька розеток, розмежованих ділянками з видовженими міжвузлями [13].

Проблемі клонального мікророзмноження тирличів приділяли увагу багато дослідників. Відомі спроби отримання пагонів тирличу жовтого з ізолюваних бруньок на живильному середовищі МС з додаванням активованого вугілля та низьких концентрацій 6-бензиладеніну (БА), які не дали позитивних результатів – ізолювані бруньки поступово буріли і відмирили [5].

Підібрано умови для мікроклонального розмноження *G. lutea* з стеблової меристеми і пазушних бруньок [24]. Встановлено, що чотири види роду *Gentiana*: *G. lutea*, *G. cruciata*, *G. purpurea* і *G. acaulis* здатні до мультиплікації *in vitro* [21]. Для утворення пагонів використовували середовище МС (*G. lutea* та *G. cruciata*) та середовище з макросолями WPM (*G. purpurea* і *G. acaulis*), доповнені різними співвідношеннями концентрацій БАП та індолілоцтової кислоти (ІОК). 35–70 % пагонів рослин досліджених видів укорінювалися спонтанно, за винятком *G. lutea*, для якого формування адвентивних коренів було індуковане додаванням 1-нафтилоцтової кислоти (НОК).

Для отримання мікроклонів *G. lutea* використовували різні типи експлантів (квіткові і кореневищні бруньки, пагонові апекси та кінчики стеблової меристеми із листовими примордіями) дикорослих рослин, які поміщали на середовище МС, доповнене фітогормонами БА, ІОК, індолілмасляною кислотою (ІМК) та гібереловою кислотою (ГК<sub>3</sub>) [19]. Однак, слід зазначити, що при застосуванні такого способу постає необхідність використання великої кількості вихідних рослин, що недоцільно, зважаючи на рідкісність тирличу жовтого. Використання експлантів з дикорослих, а не асептичних, рослин, було причиною високого відсотка інфікування і загибелі експлантів (до 89 %), а також зниження їх життєздатності через

шкідливий вплив стерилізуючого агента та утворення калюсу, що є небажаним при мультиплікації рослин.

Інші автори для індукції мікроклонування живці з асептичних проростків 13-ти видів тирличів висаджували на середовище МС з Кін (0,5–2 мг/л) [3]. Оптимальною для мультиплікації пагонів була концентрація кінетину 1,5 мг/л. Через 2–2,5 тижні з кожного експланту утворювалося 5–7 пагонів, а через 2–2,5 місяці – близько 50. Для вкорінення утворені пагони переносили на ауксинвмісне (0,2–0,3 мг/л НОК або ІОК) середовище.

При проведенні дослідження з мікроклонування *in vitro* тирличів авторами встановлено, що за потребою у цитокинінах (Кін або БАП) для мікроклонального розмноження види секції *Erythaliae* Bunge (секція *Cruciata* Gaudin. за [20]) можна поділити на 2 групи: такі, для стимулювання утворення адвентивних бруньок яких достатньо 1,5 мг/л Кін (або БАП), і ті, для яких цей процес починається лише за наявності у середовищі 2 мг/л цитокинінів. До першої групи належать: *G. cachemirica* Decne, *G. cruciata* L., *G. dahurica* Fish., *G. rockhillii* Hemsl., *G. saponaria* L., *G. walujevii* Regel et Schmalh; до другої – *G. alba* Muhl., *G. crassicaulis* Dutie, *G. macrophylla* Pall., *G. tibetica* King ex Hook. Середня кількість утворених адвентивних пагонів на одному живці для видів секції *Erythaliae* Bunge складала від 3,3 (для *G. alba* Muhl.) до 7,16 (для *G. dahurica* Fish.) [15].

### Висновки

Підібрано умови для мікроклонального розмноження семи видів роду *Gentiana* L. флори України. Встановлено, що оптимальним для мультиплікації різних видів тирличів було середовище МС із зменшеним вдвічі вмістом макро- та мікросолей (МС/2). Поряд із цим, для *Gentiana verna* L., як і для *Gentiana lutea* L., процес формування мікроклонів із рослин краще відбувається у рідкому середовищі МС/2, тоді як для видів *Gentiana acaulis* L., *Gentiana asclepiadea* L., *Gentiana cruciata* L., *Gentiana pneumonanthe* L. та *Gentiana punctata* L. – в агаризованому. Рослини з окремих популяцій *G. lutea* (рівненська) та *G. acaulis* (туркульська) для підвищення ефективності формування адвентивних пагонів потребували внесення у живильні середовища більших кількостей  $\text{CaCl}_2$ . Встановлено, що оптимальним для мультиплікації тирличів є середовище МС/2, доповнене різними співвідношеннями цитокинінів БАП (0,05–0,5 мг/л) та Кін (0,1–0,2 мг/л). Відсоток живців з мікроклонами для більшості видів лежав у межах 70–90 %. Кількість утворених адвентивних пагонів на одному живці лежала в межах 2,62–7,35, була найбільшою у випадку *G. verna* і найменшою – у *G. acaulis* і *G. punctata*.

Запропонований спосіб мікроклонального розмноження видів роду *Gentiana* дозволяє: мультиплікувати рослини рідкісних фармакологічно цінних видів з одночасним їх оздоровленням від патогенної мікрофлори; прогнозувати отримання з однієї рослини за рік до 20–100 тис. ідентичних рослин.

1. Біологічно активні речовини видів роду *Gentiana* L. 1. Біосинтез та фізіологічна дія / [Н.М. Страшнюк, О.М. Леськова, Г.Я. Загричук та ін.] // Фітотерапія. Часопис. — 2006. — № 1. — С. 31—41.
2. Види роду *Gentiana* L. флори України у природі та культурі *in vitro* / [Н.М. Страшнюк, Л.Р. Грицак, О.М. Леськова та ін.] // Укр. ботан. журн. — 2005. — Т. 62, № 3. — С. 337—348.
3. Голубенко А.В. Морфогенез та особливості вегетативного розмноження видів роду *Gentiana* L. *in vitro*: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12 / Анастасія Володимирівна Голубенко. — К., 2005. — 193 с.
4. Грицик А. Р. Використання рослин видів роду Тирлич (*Gentiana* L.) в медицині / А.Р. Грицик, Л.В. Бензель, Н.П. Цвеюк // Фармац. журн. — 2003. - № 2. — С. 91—97.
5. Демків Л. О. Вегетативне розмноження *in vitro* видів роду *Gentiana* L. (*Gentianaceae*) / Л.О. Демків // Укр. ботан. журн. — 1993. — Т. 50, № 1. — С. 146—149.
6. Драпайло Н. М. Рід *Gentiana* s.l. флори України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.01 «Ботаніка» / Н.М. Драпайло. — К., 1995. — 24 с.
7. Загульський М. М. *Gentiana utriculosa* L. (*Gentianaceae* Juss.) в Українських Карпатах / Микола Миколайович Загульський, Ілля Ілліч Чорней // Укр. ботан. журн. — 2004. — Т. 61, № 2. — С. 79—83.
8. Кардаш Я. В. Про охорону рідкісних та ендемічних видів флори високогір'я Свидівця в Українських Карпатах / Я.В. Кардаш // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. — 1991. — Вип. 21: Біотичні ресурси Розточчя і Зовнішніх Карпат та їх антропогенні зміни. — С. 37—41.



9. Кушнір Г. П. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика / Г.П. Кушнір, В.В. Сарнацька. — К.: Наук. думка, 2005. — 270 с.
10. Левенко Б. А. Генетические основы интродукции растений / Б.А. Левенко // Интродукция растений. — 2005. — № 2. — С. 10—16.
11. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник / [Лебеда А.П., Джуренко Н.І., Ісайкіна О.П. та ін.]; відп. ред. А.М. Гродзінський. — К.: В-во «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М.П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. — С. 430—432.
12. *Определитель* высших растений Украины / [отв. ред. Ю.Н. Прокудин]. — К.: Наук. думка, 1987. — 546 с.
13. Прокопів А. І. Анатомічна організація коренів і структура пагонових систем тирличів (*Gentiana* L., *Gentianaceae* Juss.): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.01 «Ботаніка» / А.І. Прокопів. — К., 1997. — 24 с.
14. *Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Caprifoliaceae – Plantaginaceae.* — Л.: Наука, 1990. — 328 с.
15. Старовинні парки і ботанічні сади — наукові центри збереження біорізноманіття та охорона історико-культурної спадщини: матеріали міжнар. наук. конф., 25-28 вересня 2006 р., Умань. — Умань — Київ, 2006. — 451 с.
16. Червона книга України. Рослинний світ / [відп. ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко]. — К.: УЕ ім. М.П. Бажана, 1996. — 608 с.
17. Шиша Е. Сохранение *in vitro* биоразнообразия видов рода *Allium* L. / Е. Шиша, И.И. Сикура, Н.В. Кучук // Научный вестник Ужгородського університету. Серія біологія. — 2008. — Вип. 24. — С. 244—254.
18. Шиян Н. М. *Gentiana nivalis* L. (*Gentianaceae*) у флорі Українських Карпат / Наталя Миколаївна Шиян, Максим Анатолійович Джус // Укр. ботан. журн. — 2005. — Т. 62, № 1. — С.22—28.
19. Feijoo M. C. Multiplication of an endangered plant: *Gentiana lutea* L. subsp. *Aurantiaca* Lainz, using *in vitro* culture / Mariael Carmen Feijoo, Isabel Iglesias // Plant Tissue Cult. Biotechnol. — 1998. — Vol. 4, № 2. — P. 87—94.
20. Ho T.-N. The infrageneric classification of *Gentiana* (*Gentianaceae*) / Ting-Nung Ho, Shang-Wu Liu // Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.), Bot. — 1990. — Vol. 20, № 2. — P. 169—192.
21. Momcilovic I. Micropropagation of four *Gentiana* species (*G. lutea*, *G. cruciata*, *G. purpurea* and *G. acaulis*) / I. Momcilovic, D. Grubisic, M. Neskovic // Plant Cell Tissue Organ Cult. — 1997. — Vol. 49, № 2. — P. 141—144.
22. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / Toshio Murashige, Folke Skoog // Physiol. Plant. — 1962. — Vol. 15, № 13. — P. 473—497.
23. Tutin T. G. *Gentiana* L. / In T.G. Tutin, V.H. Heywood et al. (Eds) / T.G. Tutin // Flora Europea. — Cambridge: University Press. — 1972. — Vol. 3. — P. 59—63.
24. Viola U. *In vitro* propagation of *Gentiana lutea* / Umberto Viola, Charles Franz // Planta Med. — 1989. — Vol. 55. — P. 690.
25. Yuan Y.-M. Infrageneric phylogeny of the genus *Gentiana* (*Gentianaceae*) inferred from nucleotide sequences of the internal transcribed spacers (ITS) of nuclear ribosomal DNA / Y.-M. Yuan, Ph. Kupfer, J.J. Doyle // Amer. J. Bot. — 1996. — Vol. 83, № 5. — P. 641—652.

Л. Р. Грицак, В. Н. Мельник, И. И. Конвалюк, Н. Б. Кравец, М. З. Мосула, Н. М. Дробык  
 Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка  
 Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины, Киев

#### МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ВИДОВ РОДА *GENTIANA* L. ФЛОРЫ УКРАИНЫ

Подобраны условия для микроклонального размножения семи видов рода Горечавка (*Gentiana* L.) флоры Украины: *G. acaulis* L., *G. asclepiadea* L., *G. cruciata* L., *G. lutea* L., *G. pneumonanthe* L., *G. punctata* L., *G. verna* L. Выяснено, что оптимальной для мультипликации горечавок является среда МС/2, дополненная различными соотношениями цитокининов БАП (0,05–0,5 мг/л) и Кин (0,1–0,2 мг/л). Для каждого вида и его представителей из разных мест произрастания установлено оптимальное для эффективного микроклонирования соотношение фитогормонов. Процент черенков с микроклонами для большинства видов составлял 70–90%. Количество образованных адвентивных побегов на одном черенке колебалось в пределах 2,62–7,35 и было наибольшим в случае *G. verna* и наименьшим – для *G. acaulis* и *G. punctata*.

Ключевые слова: виды рода *Gentiana* L., флора Украины, микроклональное размножение

*L. R. Hrytsak, V. M. Mel'nyk, I. I. Konvalyuk, N. B. Kravets, M. Z. Mosula, N. M. Drobyk*  
 Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine  
 Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Kyiv

MICROCLONAL PROPAGATION OF *GENTIANA* L. SPECIES FROM THE UKRAINIAN FLORA

Conditions for microclonal propagation of seven *Gentiana* L. species in Ukrainian flora were specified. Some peculiarities for generation of viable adventitious shoots in these species were detailed. In particular, optimal for reproduction of various *Gentiana* L. species was MS medium supplemented with half macro and microsalts (MS/2). In addition, for both *Gentiana verna* L. and *Gentiana punctata* L. plants the process of microclone formation was found to occur better in fluid MS/2 medium while plants of *Gentiana acaulis* L., *Gentiana asclepiadea* L., *Gentiana cruciata* L., *Gentiana pneumonanthe* L. та *Gentiana punctata* L species favoured agarized one. Plants from individual *G. lutea* (Rivna mountain valley) and *G. acaulis* (Turkul mountain) populatons for more effective formation of adventitious shoots needed increased amounts of CaCl<sub>2</sub>. Simultaneously, the efficiency of gentian micropropagation varies with density ratio of 6-benzilaminopurine and kinetin in medium wich in turn is determined by requirements of particular species and original genotype. Optimal for effective microcloning of *G. lutea*, *G. acaulis*, *G. cruciata* plants from various locations of vegetation were distinct phytohormone ratios in nutrient medium. At the same time, population belonging of *G. asclepiadea*, *G. pneumonanthe* and *G. punctata* failed to affect medium composition optimal for plant reproduction.

Number of generated adventitious buds on individual graft in case of *G. verna* as compared with other studied species was the highest, 7,48. Comparable with *G. verna* were indices of microcloning for *G. cruciata* (Village of Krenychi), 7,35, *G. lutea* (Pozhyzhevska mountain) and *G. pneumonanthe* (Koriukivka forestry), 6,32. Somewhat lesser were these indices for plants from other populations and for *G. asclepiadea*, whereas for *G. acaulis* and *G. punctata* imdices of microcloning efficiency were the least. The proportion of grafts with microclones for most species ranged within the limits from 70 to 90 %.

The proposed technique of microclonal propagation of *Gentiana* species plants allows reproducing plants of rare pharmacologically valuable species with their simultaneous sanitation from pathogenic microflora: to forecast obtaining from single plant per year up to between 20 and 100 thousand identical plants.

*Keywords: Gentiana L. species, Ukrainian flora, microclonal propagation*

Рекомендує до друку  
 В. В. Грубінко

Надійшла 16.02.2017

# ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 551.331.1:574.2:591.525(639.3.036591.133.1)

В. М. МАРЦЕНІЮК, О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ

Інститут гідробіології НАН України  
пр-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210

## **АДАПТИВНА БІОХІМІЧНА ВІДПОВІДЬ КОРОПА ТА ОКУНЯ НА ДІЮ ПІДВИЩЕНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВОДИ**

Досліджено фізіолого-біохімічний стан та особливості енергетичного обміну риб різних таксономічних статусів за дії підвищеної температури води. Встановлено, що ізоляція від несприятливого температурного чинника у окуня та коропа на біохімічному рівні відбувається по-різному. Активність АТФ-ази у м'язах коропа та зябрах окуня зростає. Активність ензимів енергетичного обміну свідчить про формування гіпоксичного стану у тканинах як у коропа, так і в окуня. В обох видів риб вміст глікогену в печінці із зміною температурного режиму зростає, що може свідчити про порушення його окиснення. Виявлені зміни біохімічних показників у коропа і окуня відмінні і свідчать про специфічну видову реакцію риб на нетипові зміни температурних умов.

*Ключові слова: окунь, короп, температура, енергетичний обмін, ензими, глікоген*

Температура води – один із найдієвіших екологічних чинників як наземного, так і водного середовища [7]. Її зміна впливає не лише на швидкість протікання хімічних реакцій, але й визначає загальний фізіологічний стан організму. Діапазон температур для різних живих істот порівняно широкий, але для екзотермних гідробіонтів навіть незначні коливання цього показника можуть викликати значні зміни в метаболізмі [7, 14].

Кліматичні зміни, що спостерігаються впродовж останнього часу, змушують організми формувати компенсаторні механізми до дії несприятливого чинника. У першу чергу це проявляється у зміні ензимної активності. Кореляція між температурою середовища і ензимною активністю в різних тканинах організму регулюється в деяких випадках згідно з законом Вант-Гоффа і Арреніуса, тобто із збільшенням активності вдвічі при підвищенні температури на 10°C [8, 9, 14]. Проте, в більшості випадків ці умови не витримуються, особливо у екзотермних тварин. Активність ензимів енергетичного обміну (лактатдегідрогенази та сукцинатдегідрогенази) великою мірою залежить від змін температури і є важливим показником термоадаптації риб [2, 5, 7, 9].  $K^+$ ,  $Na^+$  -залежна АТФ-аза, ензим із групи транспортних аденозинтрифосфатаз, також відіграє важливу роль у процесах адаптації до підвищеного температурного режиму водойми [10, 11, 17].

Той факт, що багато ензимів має множинні молекулярні форми, показує характер протікання реакцій в певному конкретному органі, і може бути одним із механізмів, який екторермні тварини використовують для компенсації зміни температури [5, 14]. Тому важливим є вивчення і порівняння активності ензимів, які каталізують реакції у різних органах, зокрема у м'язах та зябрах.

Визначальною при подібній адаптації є також кількість енергії, що утворюється в процесі енергетичного обміну. При цьому частина енергії використовується рибами відразу, а частина зберігається, зокрема у формі глікогену, який накопичується у печінці та м'язах [13, 15].

Виходячи із зазначеного, метою роботи було вивчення впливу підвищеного температурного режиму води на активність окремих ензимів енергетичного та іонного обміну у різних тканинах риб, а також визначення вмісту глікогену у їх печінці за згаданих умов.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено у червні місяці на двірчках окуня річкового *Perca fluviatilis* L. та коропа звичайного *Cyprinus carpio* L. на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Риби були поміщені в експериментальні акваріуми об'ємом 75 дм<sup>3</sup>, наповнені водою із р. Рось, яка змінювалась 1 раз на 3 доби, та облаштовані системою нагрівання та аерації. У 5-тьох експериментальних акваріумах вода впродовж дня поступово нагрівалася до 24°C (контроль), 26°C, 28°C, 30°C та максимальної температури 34°C, а на ніч нагрівачі вимикали, що створювало середнє коливання температури у кожному акваріумі впродовж природного фотоперіоду на 1°C, 2°C, 4°C, 6°C та 7–8°C відповідно.

Вміст розчиненого кисню підтримувався в межах 5,5±0,9 мг/дм<sup>3</sup> (з підвищенням температури вміст кисню у воді дещо знижувався), рН – 7,0±0,2. Період аклімації риб становив 14 діб, що є достатнім для формування адаптивної відповіді на дію стрес-чинника. Окуня під час експерименту годували молоддю чебачка амурського та хірономідами, а коропа комбікормом для коропових риб.

Після 14-добової аклімації риб відбирали тканини печінки, зябер та м'язів, та гомогенізували. У лабораторних умовах спектрофотометрично визначали активність лактатдегідрогенази (ЛДГ) з використанням стандартного комерційного набору «ЛДГ» (Філісіт-Діагностика, Україна). Активність сукцинатдегідрогенази (СДГ) встановлювали стандартним методом за кількістю відновленого гексаціаноферату (III) калію [3]. Активність Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-АТФ-ази оцінювали за наростанням у реакційній суміші вмісту неорганічного фосфору, який виявляли за методом Фіске та Суббароу і перераховували на 1 мг білка [1, 3]. Вміст білків у м'язах та зябрах визначали за Лоурі, вміст глікогену у печінці – за допомогою антронового реактиву згідно з методом [6], вимірюючи інтенсивність зелено-синього забарвлення, отриманого в результаті реакції, на спектрофотометрі при довжині хвилі 620 нм.

Статистичну обробку даних проводили з використанням програм Statistica 10.0 та програми Excel із пакету Microsoft Office.

### Результати досліджень та їх обговорення

В результаті дослідження встановлено, що у коропа із підвищенням температури (від 24°C до 34°C) відбувається поступове незначне збільшення АТФ-азної активності у м'язах, що за максимальної температури сягнуло показника, який на 26% вищий від контрольного значення (рис. 1).

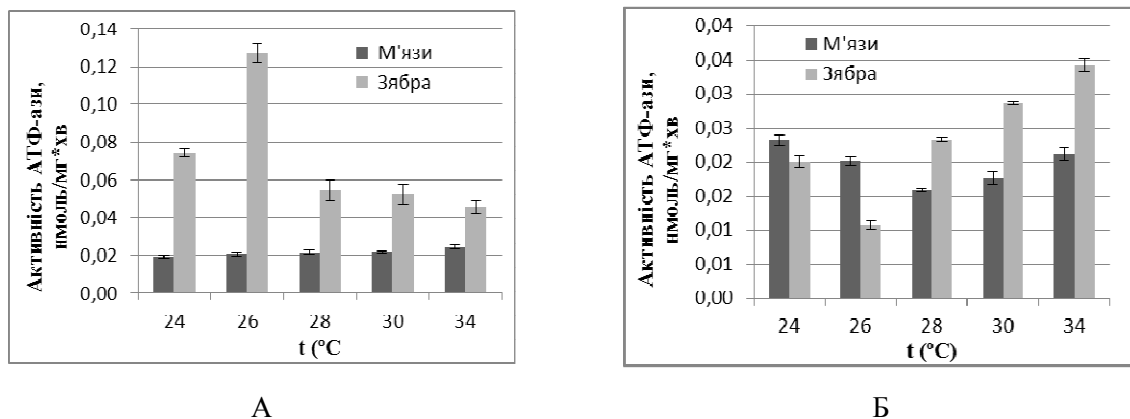


Рис 1. АТФ-азна активність у м'язах і зябрах коропа (А) та окуня (Б) за дії підвищеної температури води, (M±m, n=5)

У зябрах можна зауважити практично обернену закономірність: за температури 26 °С активність ензиму спочатку стрімко зросла у 1,71 рази щодо контролю, а потім поступово знижувалася та за температури 34 °С зменшилася порівняно з контрольним значенням у 1,64 рази. Виявлена закономірність у м'язах коропа може свідчити про те, що із підвищенням температури для забезпечення енантіостазу організму риб витрачається більша кількість енергії, що вивільняється в процесі гідролізу АТФ. Тут безпосередню участь відіграє саме гідролазна АТФ-аза, тому із зміною температурного режиму відбуваються і відповідні зміни як і в активності даного ензиму, так і в біоенергетиці організму в цілому [8, 10, 17]. У зябрах, вочевидь, температурний чинник стимулював активацію анаболічної гілки метаболізму, що і могло відобразитись на зниженні активності ензиму.

У окуня зміна АТФ-азної активності за згаданих умов має коливальний характер. Спочатку, при підвищенні температури на 2 °С та 4 °С активність ензиму у м'язах поступово знижувалася і набула мінімального значення за температури 28 °С (у 1,53 рази менша щодо контролю) (див. рис. 1). У подальшому спостерігалось зростання АТФ-азної активності, а за максимальної температури становила 0,021 нмоль/мг білка×хв., що у 1,09 рази менше від контролю.

У зябрах окуня активність ензиму за температури 26°С спочатку зменшилася на 50%, а при подальшому підвищенні температури стрімко зростала. За температури 34°С вона набула значення, вищого від контроль у 1,70 рази.

Виявлені зміни АТФ-азної активності у м'язах окуня можуть свідчити про активацію анаболічних реакцій, спрямованих на протидію стрес-чиннику, а також про сповільнення гідролізу АТФ [5, 17]. Підвищення активності АТФ-ази у зябрах може бути результатом активації компенсаторного механізму, спрямованого на використання більшої кількості енергії для забезпечення життєдіяльності [8].

Досліджено також активність сукцинатдегідрогенази. Встановлено, що у м'язах коропа активність цього ензиму із підвищенням температурного режиму спочатку стрімко знизилася, а при 26°С набула значення у 2,05 рази меншого щодо контролю (рис. 2).

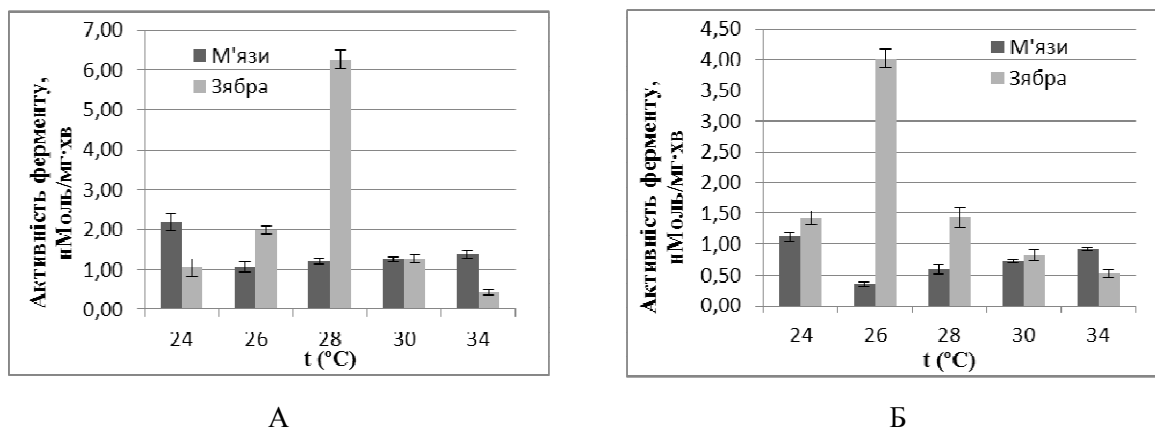


Рис 2. Активність сукцинатдегідрогенази у м'язах та зябрах коропа (А) та окуня (Б) за дії підвищеної температури води, ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

В подальшому спостерігалось незначне зростання активності СДГ, нижче рівня контролю. За максимальної температури активність ензиму становила 1,39 нмоль/мг білка×хв, що є меншим від контролю у 1,51 рази.

У зябрах коропа активність СДГ із підвищенням температурного режиму характеризується параболічною залежністю. Варто відмітити, що максимальн активність ензиму була за температури 28°С – 6,26 нмоль/мг·білка×хв, тобто в 6,01 рази вищою від контролю. В подальшому активність СДГ знизилася та при 34°С і стала меншою від контролю у 2,36 рази.

Оскільки функціонування СДГ залежить від постачання у клітини кисню, то зниження його активності може свідчити про настання гіпоксії у тканинах риб [7, 9]. У зябрах початкові коливання температури, вочевидь, зумовлюють позитивну кореляцію між активністю ензиму та підвищенням температурного режиму. Проте, в подальшому висока температура все ж інгібує аеробні процеси в організмі риб, про що свідчить активність СДГ [8].

В окуня активність цього ензиму у м'язах має таку ж закономірність, як і в коропа. Проте, у зябрах початкове зростання активності СДГ спостерігається вже при 26°C та становить 4,01 нМоль/мг білка×хв, що є у 2,86 рази вище від контролю.

Активність ЛДГ у досліджуваних видів риб суттєво відрізняється. Щодо коропа, то за температури 26°C у його м'язах спостерігається вірогідне зниження активності ензиму у 2,47 рази порівняно із контролем (рис. 3).

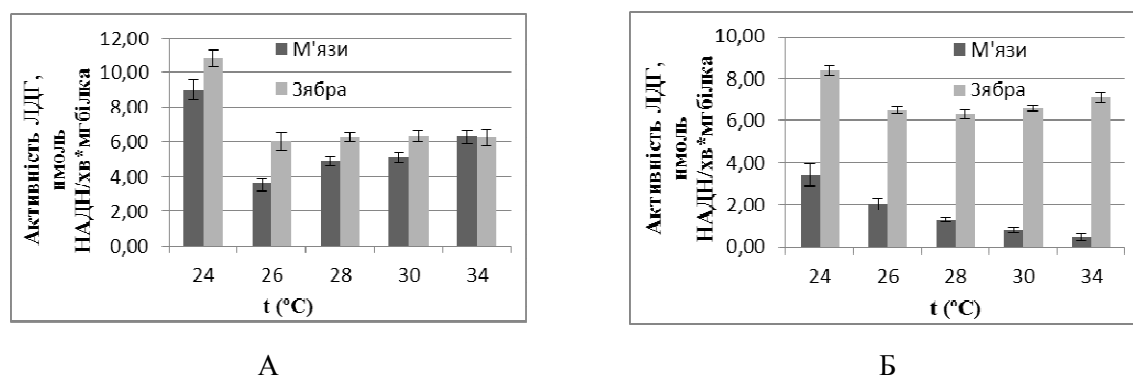


Рис 3. Активність лактатдегідрогенази у м'язах та зябрах коропа (А) та окуня (Б) за дії підвищеної температури води, ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Починаючи від 28°C активність ЛДГ поступово зростає, але все ж залишається нижчою від контролю, а за температури 34°C є меншою від контрольного значення у 1,39 рази.

У зябрах коропа за температурного режиму 26°C активність ензиму у 1,78 рази щодо контролю знижується, а при подальшому підвищенні температури залишається майже на одному рівні.

Виявлений показник активності одного із основних гліколітичних ензимів може свідчити про стабільно сповільнене протікання анаеробних процесів у тканинах коропа [11, 12, 16].

Щодо окуня, то у його м'язах відмічено поступове значне зниження активності ЛДГ, що за температури 34°C у 7,23 рази меншого від контролю (див. рис. 3). У зябрах активність ензиму подібна до показників у коропа, проте від початкового зниження активності при 26°C у 1,28 рази щодо контролю, в подальшому спостерігається поступове незначне підвищення активності ЛДГ, що за максимальної температури менше від контролю у 1,16 рази.

Згідно з отриманими даними можна стверджувати, що гліколітичні процеси у м'язах окуня із підвищенням температури сповільнюються, що може бути зумовлено низькою стійкістю цього виду до підвищеної температури [2, 16].

Щодо вмісту глікогену, то його показники в обох видів риб відрізняються. За температури 28°C у коропа спостерігається вірогідне збільшення кількості глікогену у печінці у 4,2 рази вище контролю (рис. 4).

В подальшому, при наступному зростанні температури на 2 та 4°C відмічена незначна його розщеплення. За температури 34°C вміст глікогену був вищим щодо контрольного значення у 2,81 рази. Ці зміни можуть бути спричинені підсиленням глікогенезу у печінці коропа внаслідок підвищення температури [13]. Проте, за ще більш високих температур для забезпечення енергетичного балансу в організмі риб виникає потреба у більшій кількості глюкози. Одним із шляхів її утворення є глікогеноліз, який, вірогідно, має місце, починаючи з 30°C. У подальшому за цих умов рівновага між утворенням глікогену і його утилізацією може порушитися, що призведе до негативних для організму риб наслідків [13, 15].

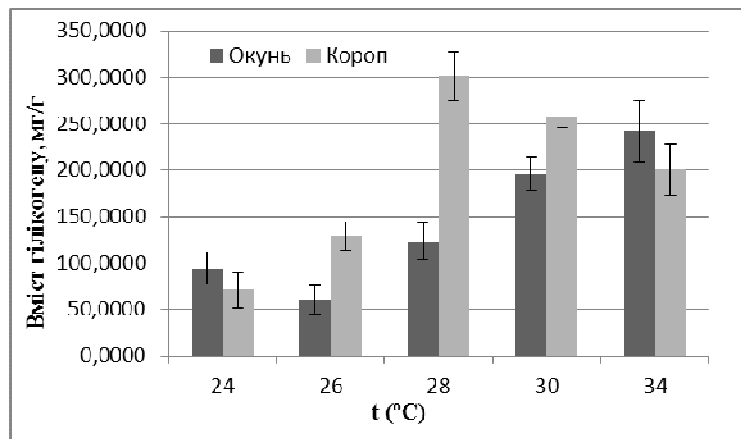


Рис 4. Вміст глікогену у печінці коропа та окуня за дії підвищеної температури води, ( $M \pm m$ ,  $n=5$ ).

В печінці окуня відмічено початкове зниження кількості глікогену за температури 26°C у 1,54 рази менше контролю, та наступне підвищення його вмісту до 241 мг/г при 34°C, що є у 3,39 рази вище від контрольного значення. Очевидно, за настання стресових умов у печінці окуня відбувається накопичення глікогену, що може бути результатом активації глікогенезу. Не виключено також, що підвищена температура може інгібувати ензимну систему глікогенолізу у печінці окуня, що і відображається у неспроможності ним здійснювати утилізацію цього енергетичного субстрату [8, 13, 15].

#### Висновки

Отже, отримані в результаті дослідження дані дають змогу стверджувати, що обидва види риб, які відносяться до різних таксономічних статусів, на зміну температурного режиму реагують по-різному:

1. АТФ-азна активність у м'язах коропа та зябрах окуня свідчить про посилення гідролітичної функції ензиму.
2. Показники активності СДГ у тканинах досліджуваних видів риб свідчать про розвиток гіпоксії у м'язах риб із підвищенням температури води.
3. Активність ЛДГ у м'язах коропа та окуня має обернений характер, а в окуня свідчить про суттєве пригнічення гліколітичного шляху окислення.
4. Як в коропа так і в окуня вміст глікогену в печінці із зміною температурного режиму зростає, що може бути викликано порушенням його утилізації.

1. *Асатиани В. С.* Ферментные методы анализа / В.С. Асатиани. — М.: Наука, 1969. — 740 с.
2. *Гулевский А. К.* Роль гликолиза при холодовой адаптации карася серебряного *Carassius auratus gibelio* / [А.К. Гулевский, Л.И. Релина, Е.Г. Жегунова и др.] // Пробл. криобиологии. — 2007. — 17, № 1. — С. 64—70.
3. *Кондрашова М. Н.* Метод определения неорганического фосфора по спектрам поглощения в ультрафиолете / М.Н. Кондрашова, М.Н. Лесогорова, С.Э. Шноль // Биохимия. — 1965. — Т. 30, Вып. 3. — С. 567—572.
4. *Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен).* — Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1982. — 272 с.
5. *Мехед О. Б.* Активность некоторых ферментов углеводного обмена в тканях сеголеток и двухлеток карпа в осенний период / О.Б. Мехед, Б.В. Яковенко, А.А. Жиденко // Гидробиол. журн. — 2004 — Т. 40, № 3. — С. 83—89.
6. *Практикум по биохимии* / ред. Северин С.Е., Соловьева Г.А. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 510 с.
7. *Романенко В. Д.* Механизмы температурной акклимации рыб / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. — Киев: Наукова думка, 1991. — 192 с.

8. Шульман Г. И. Физиолого-биохимические аспекты энергетического обмена у рыб / Г.И. Шульман, Г.А. Финенко // Биоэнергетика гидробионтов. — К.: Наук. думка, 2001. — С. 17—20.
9. Alesander A. Evaluation of changes in metabolic parameters and enzymes involved in metabolic pathways in *Clarias botrachus* after exposed to phenolic compounds / A Alesander., O.P Verna., A Mathur // Asian journal of biomedical and pharmaceutical sciences. — 2013. — Vol. 3, № 21. — P. 60—67.
10. Bogdanova A. B. Hypoxic responses of Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase in trout hepatocytes / A.B. Bogdanova, B. Grenacher, M. Nikinma, M. Gassmann // J. Exp. Biol. — 2005. — Vol. 208. — P. 1793—1801.
11. Brinson B. E. Lactate Dehydrogenase and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase Activity in *Leiostomus xanthurus* (Spot) in Response to Hypoxia. Explorations / B.E. Brinson, D. Huffman, M.M. Shaver [et al.] // Biological, Earth, and Physical Sciences. — 2007. — P. 22—29.
12. Chan F. Detection of Necrosis by Release of Lactate Dehydrogenase Activity / F Chan [et al.] // Methods in molecular biology. — 2013. — Vol. 979. — P. 65—70.
13. Hems D. A. Control of hepatic glycogenolysis / D.A. Hems, P.D. Whitton // Physiol. Rev. — 1980. — № 60. — P. 1—50.
14. Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum—rapid methods for the assessment of optimum growth temperature / M Jobling // J. Fish. Biol. — 1981. — Vol. 19, № 4. — P. 439—455.
15. Roach P. J. Glycogen synthase and glycogen synthase kinases / P.J. Roach // Curr. Top. Cell. Regul. — 1981. — № 20. — P. 45—105.
16. Tseng Y. C. Regulation of Lactate Dehydrogenase in *Tilapia* (*Oreochromis mossambicus*) Gills during Acclimation to alinity / [Y.C. Tseng, J.R. Lee, J.C.H. Chang et al.] // Challenge Zoological Studies. — 2008. — Vol. 47, № 4. — P. 473—480.
17. Watson C. F. Comparative activity of gill ATPase in three freshwater teleosts exposed to cadmium / C.Watson, W. Benson // Ecotoxicology and Environmental Safety. — 1987. — Vol. 14. — P. 252—259.

*В. Н. Марценюк, А. С. Потрохов, О. Г. Зиньковський*

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

#### АДАПТИВНЫЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ ОТВЕТ КАРПА И ОКУНЯ НА ДЕЙСТВИЕ ПОВЫШЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДЫ

Исследованы физиолого-биохимическое состояние и особенности энергетического обмена рыб различных таксономических статусов за действия повышенной температуры воды. Установлено, что изоляция от неблагоприятного температурного фактора в окуня и карпа на биохимическом уровне происходит различным образом. Активность АТФ-азы в мышцах карпа и жабрах окуня свидетельствует об усилении гидролизной функции фермента. Активность ферментов энергетического обмена свидетельствует о наступлении гипоксии в тканях как у карпа так и в окуня. В обоих видов рыб содержание гликогена в печени с изменением температурного режима растет, что может свидетельствовать о нарушении его утилизации. Полученные изменения биохимических показателей у карпа и окуня указывают на межвидовой разницу в реакции этих видов на нетипичные изменения температурных условий

*Ключевые слова: окунь, карп, температура, энергетический обмен, ферменты, гликоген*

*V. M. Martseniuk, A. S. Potrokhov, O. G. Zinkovskyi*

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

#### ADAPTIVE BIOCHEMICAL RESPONSE CARP AND PERCH ACTION ON INCREASED WATER TEMPERATURE REGIME

Investigated physiological and biochemical status and characteristics of energy metabolism of fish of different taxonomic status of the elevated water temperatures. We know that climate change observed over the past century, forcing living organisms to generate compensatory mechanisms of adverse factors. This is primarily manifested in the change of enzymatic activity of many biochemical reactions in the body of the fish. The fact that enzymes are heterogeneous and each isoenzyme shows the character of the reactions in a particular organ, can be one of the mechanisms that poikilothermic animals use to compensate for changes in temperature.

Established that isolation from adverse temperature factor in perch and carp at the biochemical level occurs in different ways. ATPase activity in muscles gills of carp and perch indicates the gain function of the enzyme hydrolysis in turn muscle perch it can cause activation of anabolic reactions to



counteract the stress factor. Also, the increased activity of the enzyme in the gills may result from activation of compensatory mechanisms aimed at using more energy for normal life. SDG indicators of activity in the tissues studied species mostly correlated and indicate the onset of hypoxia in the muscles of fish from increasing water temperatures. The only difference can be noted in the gills perch, namely the initial increase in activity SDG already at 26 ° C. LDH activity in the muscles of perch and carp has turned nature and perch indicates significant inhibition of glycolytic pathways. This activity is one of the key glycolytic enzymes in carp tissues may indicate a bit slow, but more or less stable passage anaerobic processes. In both species glycogen content in the liver with changing temperature conditions increases, which may indicate a breach of its utilization. These changes can be caused by amplification glikogeneza carp in the liver due to an increase in temperature. It is also possible that high temperatures can inhibit the enzyme system in the liver glycogenolysis perch, which is reflected in his inability to carry out the disposal of the aforementioned energy substrate.

The resulting changes in biochemical parameters of carp and perch indicate interspecific differences in these types of reactions to unusual changes in temperature conditions. Later in natural waters may determine the whereabouts of these fish, and artificial - they fish productivity.

*Keywords: perch, carp, temperature, energy metabolism, enzymes, glycogen*

Рекомендує до друку

Надійшла 08.02.2017

В. В. Грубінко

УДК 612: [597. 551.2: 591.044]:577.17

О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ, Ю. М. ХУДІЯШ, М. В. ПРИЧЕПА

Інститут гідробіології НАН України  
пр-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРИСТОСУВАННЯ РИБ ДО ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ І МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ВМІСТУ ТРИЙОДТИРОНІНУ, КОРТИЗОЛУ І ГЛЮКОЗИ У ПЛАЗМІ КРОВІ**

---

Розглянуто вплив температури та мінералізації води на вміст трийодтироніну, кортизолу та глюкози у плазмі крові плітки та коропа. Встановлено, що після 14-ти добової аклімації до підвищення температури води до 32°C не спостерігається істотних змін вмісту кортизолу у плазмі крові риб, але вміст трийодтироніну суттєво знижується. Показано, що ці зміни у плітки проходили інтенсивніше, ніж у коропа. Відмічено, що у плітки зростання вмісту глюкози спостерігається за нижчої температури (25–30°C), ніж у коропа. Зміна мінералізації води корегує відповідь риб на дію температури води. Плітка є більш чутливою до нетипово високої температури води при більшій її мінералізації, ніж коропа.

*Ключові слова: короп, плітка, трийодтиронін, кортизол, глюкоза, мінералізація, температура, метаболізм*

Останнім часом у наукових дослідженнях приділяється значна увага змінам клімату. Зацікавленість цією проблемою пояснюється появою фактів порушення стану довкілля, викликаного підвищенням середньостатистичної температури повітря і води [2, 3, 14]. Одним із пріоритетних напрямків цих досліджень є визначення наслідків потепління на водні екосистеми.

У більшості випадків порушення нормальної життєдіяльності гідробіонтів пов'язане зі зміною температурного балансу водойм [10]. Відомо, що значна частина водних організмів, у

тому числі й риби, є ектотермними тваринами. Таким чином, швидкість проходження метаболічних процесів та нормальне існування їх безпосередньо залежить від температури води [13]. Слід також зауважити, що порушення температурного режиму супроводжується змінами мінералізації та йонного складу води [5], що відіграють також важливу роль у житті водних тварин.

Поряд з цим одним із найбільш перспективних напрямків біомоніторингу водойм є біохімічний [6, 10]. Враховуючи те, що він є інформативним критерієм оцінки фізіологічного стану риб, його можна використовувати як інтегральний показник [6]. Це дозволяє на основі зміни фізіолого-біохімічних показників у риб оцінити та спрогнозувати наслідки кліматичних змін у водних екосистемах. Для відображення цих процесів доцільно використовувати найбільш поширені і відмінні за рівнем метаболізму представників іхтіофауни [7, 8].

Враховуючи вище зазначене, нами була поставлена мета – з'ясувати певні особливості адаптивних реакцій риб за дії різної температури та мінералізації води.

Для досягнення мети обрані за основу біохімічні дослідження вмісту гормонів і глюкози в плазмі крові риб. Були вибрані окремі гормони (трийодтиронін та кортизол), оскільки, вони є складовою нейрогуморального механізму регулювання енергетичного обміну в організмі риб, а також глюкозу, яка є енергетичним субстратом для процесів метаболізму.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції НАН України. Об'єктами дослідження були коропа *Cyprinus carpio* (L.) та плітка *Rutilus rutilus* (L.).

Здійснена низка 14 добових модельних експериментів по визначенню впливу коливань температури води впродовж доби за різної її мінералізації на біохімічний стан дворічок коропа та плітки. Дослідження проводилися в 80-літрових акваріумах, коли вдень температуру підвищували до 30, 32°C, вночі вона знижувалася. У контролі нагрівання води не застосовували. Температура води у контролі була у межах 21–23°C, в досліді – 25–30°C та 27–32°C. Різну ступінь мінералізації отримували за рахунок розведення води з р. Рось, яка становила 520 мг/дм<sup>3</sup>, дистильованою водою до показників 260 та 350 мг/дм<sup>3</sup>.

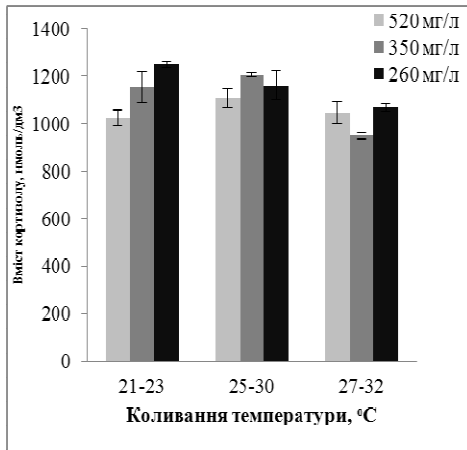
Вміст трийодтироніну та кортизолу в плазмі крові риб визначали імуноферментним методом за допомогою наборів реагентів «Т3 загальний–ІФА-Бест», «Кортизол–ІФА Бест» (Закрите акціонерне товариство «Вектор-Бест», Росія) та ІФА-аналізатора Rayto RT-2100С. Вміст глюкози у плазмі крові встановлювали глюкозооксидазним методом спектрофотометрично з використанням стандартних комерційних наборів «Філісіт-Діагностика» (Україна) та спектрофотометра СФ–26. Отримані дані оброблені статистично за допомогою програми Statistica 7,0.

### Результати досліджень та їх обговорення

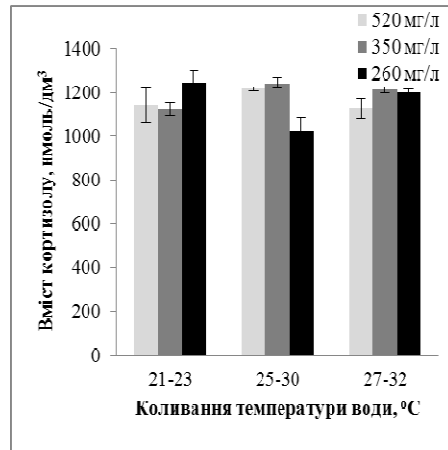
Результати наших досліджень показали, що за дії температури і мінералізації води вміст кортизолу і трийодтироніну в плазмі крові риб змінюється видоспецифічно. Так, вміст кортизолу у плазмі крові коропа і плітки майже не відрізняється за умов експерименту (рис. 1, 2).

Відомо що кортизол – кортикостероїдний гормон, який у наземних та водних тварин виконує низку важливих функцій, пов'язаних з регуляцією енергетичного та водно-сольового обміну [15, 16, 17]. Проте, одна з найважливіших його функцій є забезпечення мобілізації енергетичних ресурсів, зокрема вуглеводів, жирів, в процесі розвитку та регуляції стрес-реакцій. Це дозволяє риbam заощаджувати енергоресурси та повертати організм у стан гомеостазу після дії стрес-агента [18].

Отже, відсутність істотних змін у вмісті кортизолу у плазмі піддослідних риб свідчить про те, що вони впродовж 14 діб достатньо адаптувалися до коливального режиму температури та різної мінералізації води.



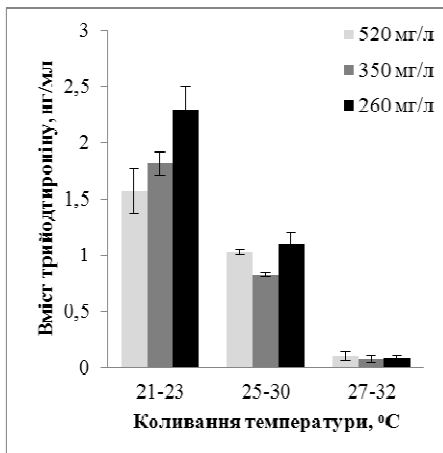
1. Вміст кортизолу у плазмі крові коропа за впливу мінералізації та коливань температури води.  $M \pm m$ ,  $n=5$



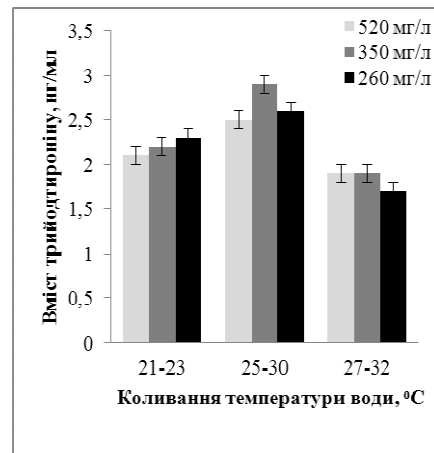
2. Вміст кортизолу у плазмі крові плітки за впливу мінералізації та коливань температури води.  $M \pm m$ ,  $n=5$

Слід відмітити, що функцією кортизолу також є регулювання перетворення тироксину (Т4) в активну форму тиреоїдних гормонів – трийодтироніну (Т3), тобто цей гормон активізує адаптаційні процеси у напрямку зниження дії тих чи інших чинників [11, 22]. З літературних джерел відомо, що головна функція трийодтироніну полягає в регулюванні енергетичного та пластичного обміну, а також він регулює швидкість споживання тканинами кисню [1, 21].

На протипагу від кортизолу, вміст Т3 у плазмі крові коропа і плітки суттєво змінювався залежно від умов експерименту. Так, у контрольних умовах на вміст Т3 у плазмі крові плітки істотно впливає рівень мінералізації води. При мінералізації 350 та 260 мг/дм<sup>3</sup> вміст гормону зростає на 15,9 та 46,5% порівняно з 520 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 3). Це свідчить про активізацію енергетичного обміну в умовах на доволі високої мінералізації води.



3. Вміст трийодтироніну у плазмі крові плітки за впливу мінералізації та коливань температури води  $M \pm m$ ,  $n=5$



4. Вміст трийодтироніну у плазмі крові коропа за впливу мінералізації та коливань температури води.  $M \pm m$ ,  $n=5$

На відміну від плітки у контрольних групах коропа значних змін вмісту Т3 у їх крові за дії різної мінералізації не спостерігали (рис. 4). Отже, результати досліджень свідчать, що плітка більш чутлива, ніж короп, до рівня мінералізації води. Зростання вмісту гормону в

плазмі, очевидно, свідчить про активізацію енергетичного обміну, спрямованого на забезпечення осморегуляційних процесів. Оскільки цей гормон також виконує важливу роль у регуляції водно-сольового балансу у різних видів риб [12, 19].

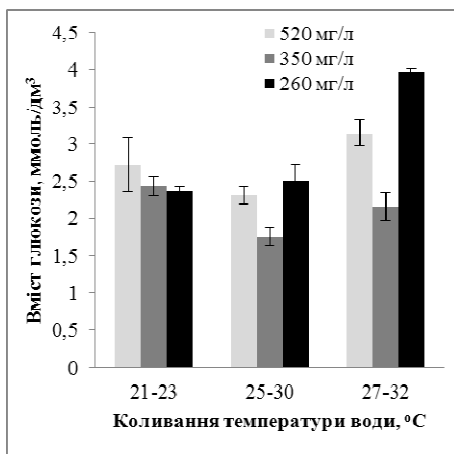
Температурний чинник викликав більш значні зміни вмісту ТЗ в плазмі крові як коропа, так і плітки. У коропа найбільший рівень гормону спостерігали за добового коливання температури в межах 25–30°C. Такий температурний режим для коропа є оптимальним, а рівень обмінних процесів проходить активно. З підвищенням температури води до 27–32°C відмічено зниження вмісту ТЗ в плазмі крові коропа. Це забезпечую збереження енергетичних ресурсів, коли в умовах підвищеної температури активність ферментів зростає. При чому за низької мінералізації води (260 мг/дм<sup>3</sup>) рівень гормону у крові коропа завжди нижчий при підвищеній температурі води (див. рис. 4).

На відміну від коропа за температури 21–23°C в плазмі крові плітки встановлені найвищі показники вмісту тиреоїдних гормонів. Ця температура є більш оптимальною для цього виду риб. Зростання температури води викликає істотне зниження вмісту ТЗ у плазмі крові плітки. Зокрема, при добовому коливанні температури від 25 до 30°C вміст цього гормону зменшується в 1,5–2,2 разів порівняно з контролем. За більш високої температури (27–32°C) вміст трийодтироніну в плазмі крові взагалі зводиться до мінімуму (3,5–6,4% від контролю). Зменшення мінералізації до 260 мг/дм<sup>3</sup> дещо корегує рівень ТЗ у напрямку його збільшення. Відомо, що зі зростанням температури води активність ферментів відповідно збільшується. Отже, суттєве зменшення вмісту трийодтироніну може бути одним з компенсаторних механізмів, спрямованих на пригнічення активності метаболічних процесів з метою підтримки гомеостазу на відповідному рівні.

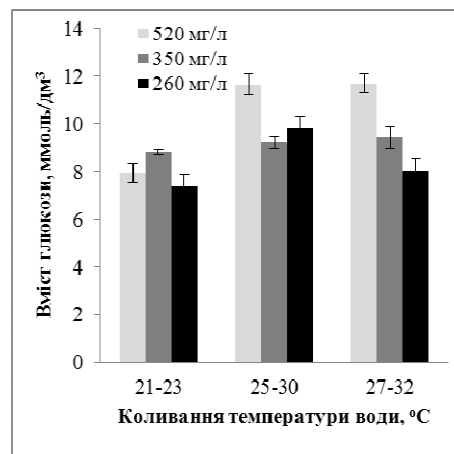
Очевидно, зниження вмісту ТЗу плазмі крові коропа за температури від 27 до 32°C і в плітки за діапазону температури вище 25–30°C свідчить про те, що риби знаходились у неоптимальних для них умовах.

З найбільш лабільних і легко доступних субстратів енергетичного обміну у тканинах риб є вуглеводи, зокрема глюкоза. Зміни вмісту глюкози у крові свідчать про рівень проходження енергетичного обміну у риб, а також по наявність порушень у ньому, активізацію адаптивних та компенсаторних механізмів, спрямованих на протидію різноманітним несприятливим чинникам [16, 20].

Вміст глюкози в плазмі крові коропа за зменшення мінералізації води від 520 мг/м<sup>3</sup> до 350, 260 мг/дм<sup>3</sup> при температурі води від 21–23°C знижувався на 11,9 та 15,3% відповідно (рис. 5).



5. Вміст глюкози у плазмі крові коропа за впливу мінералізації та коливань температури води.  $M \pm m$ ,  $n=5$ .



6. Вміст глюкози у плазмі крові плітки за впливу мінералізації та коливань температури води.  $M \pm m$ ,  $n=5$ .

Вміст ТЗ, як вже зазначалося вище, навпаки зростає зі зменшенням мінералізації води. Тобто, глюкоза активно утилізувалася в процесах осморегуляції у риб. Саме вона використовувалася на процеси утримання градієнтів концентрацій йонів у тканинах і як наслідок забезпечення внутрішньоклітинного осмотичного балансу. Це могло викликати активізацію синтезу щитоподібною залозою трийодтироніну.

Подібну закономірність спостерігали за підвищення температури. Так, зі зростанням температури води до 30°C вміст глюкози знижується на 17,7% щодо контролю. Найбільше зниження цього показника (на 55,4%) спостерігається при зниженні мінералізації води до 350 мг/дм<sup>3</sup>. Можливо, що підвищення температури води викликало зростання загальної активності метаболізму і тим самим збільшувалося використання глюкози.

За подальшого підвищення температури води до 32,0°C спостерігається зростання вмісту глюкози у плазмі крові коропа на 15,8% порівняно до контролю. Найбільший її вміст був відмічений за мінералізації 260 мг/дм<sup>3</sup>, який перевищував контрольні значення на 45,6%.

Зміни вмісту глюкози в плазмі крові плітки за дії різної температури і мінералізації мав схожий характер. Так, за температури води від 21 до 23°C вміст глюкози при падінні мінералізації зростає на 17,0% (див. рис. 6). При цьому слід відмітити, що зростання вмісту глюкози спостерігається за нижчої температури (25–30°C) порівняно до коропа.

Слід також зауважити, що за дії мінералізації 260 мг/дм<sup>3</sup> при температурі 27–32°C у плітки відбувається зниження вмісту глюкози, що може свідчити про наявність певних перебудов у енергетичному обміні за зниження мінералізації води.

### Висновки

Встановлено, що температура та мінералізація води суттєво впливають на протікання метаболічних процесів у плітки та коропа. За показниками вмісту трийодтироніну та глюкози у плазмі крові плітка є більш чутливою до нетипово високих температур води, ніж короп. Крім того, вона позитивно реагує на зменшення рівня мінералізації води.

Вміст кортизолу у плазмі крові плітки та коропа після 14-добової адаптації до температурного режиму та рівня мінералізації води вирівнюється до контрольних значень.

Вміст трийодтироніну у плазмі крові риб більше залежить від температурного чинника, ніж від мінералізації води. Так, у коропа найбільший рівень гормону спостерігався за добового коливання температури в межах 25–30°C. Це свідчить про те, що такий температурний режим для коропа є оптимальним і рівень обмінних процесів відбувається активно. З підвищенням температури води до 27–32°C відмічено зниження вмісту ТЗ в плазмі його крові.

На відміну від коропа найвищі показники вмісту тиреоїдних гормонів в плазмі крові плітки встановлені за температури 21–23°C. Істотне зменшення вмісту трийодтироніну при підвищених температурах спрямоване на пригнічення активності метаболічних процесів з метою підтримки гомеостазу на відповідному рівні.

За температури води від 21 до 23°C вміст глюкози у плазмі крові плітки по мірі зменшення мінералізації води зростає, у коропа – знижується. Максимальний вміст глюкози у крові плітки спостерігався при температурі 25–30°C, у коропа – 27–32°C.

Мінералізація води на рівні 520 мг/дм<sup>3</sup> та температури води 25–30°C для коропа можна вважати оптимальними, для плітки – 260 мг/дм<sup>3</sup> та 21–23°C відповідно.

Отримані дані свідчать про міжвидову різницю у способі енергозабезпечення адаптивних реакцій у коропа та плітки.

1. *Болотовский А. А.* Сезонная изменчивость уровня трийодтиронина у трех видов карповых рыб из Рыбинского водохранилища, бассейн Волги / А.А. Болотовский, В.А. Левин // Мат. Всерос. конф. с междунар. участием, Борок, 12 сент. 2012 г. — Борок, 2012. — С. 54—57.
2. *Голованов В. К.* Температурные границы жизнедеятельности пресноводных рыб: эколого-физиологические аспекты / В.К. Голованов, А.К. Смирнов // Мат. Междунар. конф. «Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов», Петрозаводск, 6—9 сент. 2004 г. — Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. — 2004. — С. 33—34.
3. *Гребінь В. В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. — К., Ніка-Центр. — 2010. — 316 с.

4. Свтушенко М. Ю. Наукові-методичні рекомендації щодо вибору індикаторних організмів в системі біомоніторингу / М.Ю. Свтушенко, П.Г. Шевченко, М.І. Хижняк. — К.: Український фітосоціальний центр. — 2011. — 24 с.
5. Курило С. М. Основні тенденції багаторічних змін мінералізації води та вмісту головних іонів у річках України / С.М. Курило // Гідрохімія. Гідрологія. Гідроекологія. — 2016. — Т. 2, № 41. — С. 85—90.
6. Немова Н. Н. Оценка состояния водных организмов по эколого-биохимическому статусу / Н.Н. Немова // Междунар. научн. конф. «Северные территории России: проблемы и перспективы развития», Архангельск, 23—26 июня 2008 г. — Архангельск, 2008. — С. 995—998.
7. Потрохов О. С. Гормональний статус окуня та плітки за зміни екологічних чинників водного середовища / О.С. Потрохов, О.Г. Зінковський, Ю.М. Худіяш // Наук. записки Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Біол. — 2015. — № 3—4 (64). — С. 539—543.
8. Романенко В. Д. Механизмы температурной акклимации рыб / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. — К.: Наукова думка, 1991. — 190 с.
9. Руднева И. Н. Применение биомаркеров рыб для экологической диагностики водной среды / И.Н. Руднева // Рыбное хозяйство Украины. — 2006. — Вып. 1. — С. 20—23.
10. Шахматова О. А. Отклик гидробионтов на стрессовые факторы морских экосистем / О.А. Шахматова // Экосистемы их оптимизация и охрана. — 2012. — Вып.7. — С. 98—113.
11. Arjona F. J. Effects of cortisol and thyroid hormone on peripheral outer ring deiodination and osmoregulatory parameters in the Senegalese sole (*Solea senegalensis*) / F.J. Arjona, L. Vargas-Chacoff, M.P. Martin del Rio et al. // J. Endocrinol. — 2011. — Vol. 208. — P. 323—330.
12. Arjona F. J. Acclimation of *Solea senegalensis* to different ambient temperatures: implications for thyroidal status and osmoregulation / F.J. Arjona, J. Ruiz-Jarabo, L. Vargas-Chacoff et al. // J.Mar. Biol. — 2010. — Vol. 157. — P. 1325—1335.
13. Hochacka P. W. Biochemical adaptation mechanism and process in physiological evolution / P.W. Hochacka, G.N. Somero. — New York, London Oxford University Press US. — 2002. — 466 p.
14. Janauer G. A. Aquatic Vegetation in river floodplains: Climate change effects, river restoration and ecohydrology aspects / G.A. Janauer // Climate Change. Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects. — New York : Springer, 2012. — P. 149—156.
15. Laiz-Carrión R. Influence of cortisol on osmoregulation and energy metabolism in gilthead sea bream *Sparus aurata* / R. Laiz-Carrión, M.P. Martín del Río, J.M. Míguez et al. // J. Exp. Zool. — 2003. — Vol. 298. — P. 105—118.
16. Martinez-Porchas M. Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress / M. Martinez-Porchas, L.R. Martinez-Cordova, R. Ramos-Enriquez // Pan-Amer. J. Aquatic Sci. — 2009. — Vol. 4, № 2. — P. 158—178.
17. McCormick S. D. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish / S.D. McCormick, D. Stephen // Am. Zool. — 2001. — Vol. 41. — P. 781—794.
18. Mommsen T. P. Cortisol in teleost: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation / T.P. Mommsen, M.M. Vijayan, T.W. Moon / Rev. Fish Biol. Fisheries. — 1999. — Vol. 9. — P. 211—268.
19. Peter M. C. The role of thyroid hormones in stress response of fish / M.C. Peter // Gen. Comp. Endocrinol. — 2011. — Vol. 172, № 2. — P. 198—210.
20. Sangiao-Alvarellos S. Acclimation of *S. aurata* to various salinities alters energy metabolism of osmoregulatory and nonosmoregulatory organs / S. Sangiao-Alvarellos, R. Laiz-Carrion, J.M. Guzman et al. // Am. J. physiol. regul. integr. comp. physiol. — 2003. — Vol. 285. — P. 897—907.
21. Varghese S. Thyroid hormones regulate lipid metabolism in a teleost *Anabas testudineus* (Bloch) / S. Varghese, O.V. Oommen // Comp. Biochem. Physiol. — 1999. — Vol. 124. — P. 445—450.
22. Vijayan M. M. Effect of cortisol on the in vitro hepatic conversion of thyroxine to triiodothyronine in brook charr (*Salvelinus fontinalis Mitchill*) / M.M. Vijayan, P.A. Flett, J.F. Leatherland // Gen and Comp. Endocrinol. — 1988. — Vol. 70. — P. 312—318.

*А. С. Потрохов, О. Г. Зиньковский, Ю. Н. Худияш, Н. В. Причеп*

Институт гидробиологии НАН Украины

**ОСОБЕННОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ РЫБ К ИЗМЕНЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ И МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СОДЕРЖАНИЯ ТРИЙОДТИРОНИНА, КОРТИЗОЛА И ГЛЮКОЗЫ В ПЛАЗМЕ КРОВИ**

Рассмотрено влияние температуры и минерализации воды на содержание трийодтиронина, кортизола и глюкозы в плазме крови плотвы и карпа. Установлено, что после 14-ти суточной акклимации к повышению температуры воды до 32°C не наблюдается существенных изменений содержания кортизола в плазме крови рыб, но содержание трийодтиронина существенно снижается. Показано, что эти изменения у плотвы проходили интенсивнее, чем у карпа. Отмечено, что у плотвы рост уровня глюкозы наблюдается при более низкой температуре (25–30°C), чем у карпа. Изменение минерализации воды корректирует ответ рыб на действие температуры воды. Плотва является более чувствительной к нетипично высокой температуре воды при большей ее минерализации, чем карп.

*Ключевые слова:* карп, плотва, трийодтиронин, кортизол, глюкоза, минерализация, температура, метаболизм

*A. S. Potrokhov, O. G. Zinkovskiy, Y. N. Hudiyash, N. V. Prichepa*

Institute of Hydrobiology of NASU, Ukraine

**FEATURES ADAPTATION OF FISH TO A CHANGE OF TEMPERATURE AND SALINITY ON INDICATORS TRIIODOTHYRONINE, CORTISOL AND GLUCOSE CONTENTS IN PLASMA**

Our research has shown that water temperature and salinity significantly affect the metabolism of roach and carp. In terms of content triiodothyronine and glucose in plasma roach is more sensitive to atypical high temperature of water than carp. In addition, it responds positively to the reduction of water salinity.

The content of cortisol in the blood plasma roach and carp after a 14-day adaptation to temperature and salinity of water is aligned to the control values.

The content of triiodothyronine in blood plasma of a fish depends on the temperature factor than the salinity of the water. Thus, the biggest hormone levels in carp blood was observed for daily fluctuations in temperature within 25–30°C. This indicates that a temperature regime for carp optimal level and metabolism runs at the highest level. With increasing temperature to 27–32°C marked reduction of plasma T3 in his blood.

Unlike carp highest rates of thyroid hormones in the blood plasma roach set the temperature 21–23°C. Significant reduction of triiodothyronine at elevated temperatures directed to inhibition of metabolic processes to maintain homeostasis at the appropriate level.

With the water temperature from 21 to 23°C glucose in plasma roach as the reduction of water salinity increases, in carp – is reduced. The maximum blood glucose roach was observed at 25–30°C, in carp – 27–32°C.

Mineralization of water at 520 mg / dm<sup>3</sup> and water temperature 25–30°C for carp may be considered optimal, for roach – 260 mg / dm<sup>3</sup> and 21–23°C respectively.

These data suggest interspecies differences in the way energy adaptive responses in carp and roach.

*Keywords:* carp, roach, triiodothyronine, cortisol, glucose, salinity, temperature, and metabolism

Рекомендує до друку

Надійшла 08.02.2017

В. В. Грубінко

УДК 567.5: 546.72

О. О. РАБЧЕНЮК, В. О. ХОМЕНЧУК, Б. З. ЛЯВРІН, В. З. КУРАНТ

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

## **НАКОПИЧЕННЯ ФЕРУМУ В ОРГАНІЗМІ ПРІСНОВОДНИХ РИБ ЗА ЙОГО ПІДВИЩЕНОГО ВМІСТУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Досліджено накопичення та перерозподіл феруму в організмі прісноводних риб за його підвищеного вмісту у воді (2 і 5 ГДК). Показано, що найбільшу кількість феруму виявлено в печінці та зябрах як коропа, так і щуки. Крім того, значна кількість металу міститься в нирках щуки. У м'язах досліджуваних видів риб концентрація феруму незначна, що може свідчити про міжорганний перерозподіл цього елемента.

В цілому слід зазначити, що накопичення важких металів у риб є активним, регульованими і тканино-специфічним процесом, інтенсивність якого залежить від концентрації металу у воді, його будови і хімічних властивостей, фізико-хімічних параметрів водного середовища, а також від фізіолого-біохімічних особливостей організму риб.

*Ключові слова: водне середовище, ферум, накопичення, короп, щука*

Сполуки металів відграють важливу роль у розвитку всіх живих організмів. В даний час біля 25 хімічних елементів із групи металів є есенціальними, тобто необхідними для нормальної життєдіяльності гідробіонтів, включно риб [2, 13, 14]. Входячи до складу багатьох органічних речовин, або вступаючи з ними у взаємодію, метали впливають на перебіг багатьох біохімічних процесів. Іони металів здатні утворювати в тканинах міцні зв'язки з різними біологічно активними центрами. Значною мірою їх дія пов'язана з ферментами, які містять у своєму складі іони металів, або активуються ними [5, 10].

Як мікроелементи метали впливають на низку важливих біохімічних процесів в організмі риб [3, 6, 23]. Такий вплив може бути стимулюючим, пригнічуючим або нейтральним, залежно від природи металу, концентрації та форми його існування у воді. Біологічна функція металів здійснюється при досить низьких їх концентраціях. Присутність металів у кількостях, що перевищують необхідний рівень, стає причиною порушення нормального перебігу процесів життєдіяльності. Крім того, зростання вмісту важких металів у водному середовищі призводить до надмірного їх акумулювання водними організмами, зокрема рибами [7, 19].

Значний інтерес становлять важкі метали, які широко застосовуються у різних галузях виробничої діяльності людини та є важливими для гідробіонтів. До таких металів відноситься і ферум. Вміст феруму у земній корі складає 4,65 % (за масою). Це четвертий за поширенням елемент після кисню, силіцію та алюмінію [12]. Ферум зустрічається у вигляді різних сполук – оксидів, сульфідів, силікатів. Високий кларк цього елемента обумовлений його постійною присутністю в природних водах, при чому концентрація його в них може коливатися в досить широких межах: від мікрограмів до міліграмів в одному літрі [4, 20]. До природних процесів, які зумовлюють надходження сполук феруму в поверхневі води слід віднести процеси хімічного вивітрювання гірських порід, підземні стоки, а також промислові та сільськогосподарські стічні води [12].

Ферум є необхідним елементом для нормальної життєдіяльності усіх гідробіонтів, включно риб. Недостатність цього металу може бути лімітуючим чинником розвитку організму. Входячи до складу молекул порфіринів та білків – основних носіїв кисню, ферум приймає активну участь у біохімічних реакціях окиснення-відновлення, які проходять в живому організмі [15].

Цей хімічний елемент, який міститься в організмі риб поділяють на дві групи: геміновий та негеміновий ферум. Перша група включає ферум хромопротеїдів (дихальні білки – гемоглобін, хлорокруарин, гелікорубін, а також білок м'язів – міоглобін), а також дихальних



ферментів (цитохроми, цитохромоксидази, пероксидази, кетолази). До другої групи входить ферум низки речовин, які не містять гемоферумпорфіринового комплексу (геморетрин).

Певна кількість резервного феруму депонується в печінці та селезінці у вигляді складних ферумбілкових комплексів феритину та гемосидерину і використовуються на утворення пігменту крові. Цей ферум не стимулює еритропоез, але лише служить вихідним матеріалом для синтезу гемоглобіну [3]. Але найважливішою, на нашу думку та думку багатьох учених, є участь феруму у функціонуванні ферментів, які беруть участь у ланцюзі транспорту електронів, які є основою аеробного дихання організмів [26].

Біонакопичення феруму здійснюється за низьких концентрацій. Нестача його може викликати низку захворювань або призвести до смерті. Однак біонакопичення може становити потенційну небезпеку навіть при незначному зростанні концентрації металу у воді. Це пов'язане з тим, що біологічна функція металів в організмі риб здійснюється за низьких концентрацій, а надмірне їх акумулювання може призвести до хронічного чи гострого отруєння [26].

Виходячи з усього сказаного метою нашої роботи стало вивчення накопичення іонів феруму в тканинах коропа та щуки за дії їх підвищених концентрацій (2 та 5 ГДК).

### Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження служили короп (*Cyprinus carpio* L.) та щука (*Esox Lucius* L.) дворічного віку масою 300-350 г. Для дослідження риб відбирали зі ставка безпосередньо перед експериментом. Після цього їх транспортували в лабораторію, де вони утримувалися протягом 2-3 діб для адаптації в нових умовах. Експерименти проводили в 200- літрових акваріумах. Вивчали вплив іонів  $Fe^{3+}$  у двох концентраціях які відповідали 2 та 5 рибогосподарським гранично допустимим концентраціям (ГДК) [1]. Ферум вносили в воду у вигляді солі  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ . При цьому концентрації металу, в перерахунку на іони, складали 0,2 та 0,5 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Аклімацію риб до дії чинника здійснювали протягом 14 діб. Цей період за даними автора [18], є достатнім для формування адаптивних реакцій в організмі екзотермних тварин. Воду в акваріумах змінювали щодобово, вносячи при цьому зазначені концентрації металу. Під час експерименту риб не годували.

Згідно поставлених завдань для дослідження відбирали тканини зябер, печінки, білих м'язів та нирок. Після препаратії органів наважки тканин спалювали в перегнаній нітратній кислоті у співвідношенні 1:5 (маса: об'єм). Вміст феруму визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115М і виражали в міліграмах на кілограм вологої маси тканин.

Всі одержані дані піддавали статистичній обробці з використанням t-критерію Стьюдента для визначення достовірної різниці [11].

### Результати досліджень та їх обговорення

Проникнення та накопичення важких металів в організмі риб є багатовекторним процесом і залежить від багатьох зовнішніх та внутрішніх чинників. Молекулярні механізми їх надходження ще недостатньо вивчені. Проте відомо, що основна частина металів потрапляє в організм двома основними шляхами – через шлунково-кишковий тракт та зябра, між якими існує чітка взаємодія щодо регуляції кількості надходження металу в організм [22]. Дані особливості обумовлюють різну спорідненість окремих тканин до того чи іншого металу, а отже і різну здатність до акумулювання.

Із одержаних даних видно, що найбільший вміст феруму виявлено в печінці та зябрах як коропа, так і щуки. При цьому значний вміст досліджуваного металу міститься і в нирках щуки (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Вміст іонів феруму в тканинах коропа (мг/кг сирової тканини,  $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Групи риб	Зябра	Печінка	М'язи	Нирки
Контроль	87,1±8,2	154,0±8,1	39,8±3,1	87,4±6,6
2 ГДК	100,8±7,8	142,9±16,5	26,2±6,7	70,5±3,4*
5 ГДК	132,4±5,2*	143,4±12,8	36,5±2,4	61,7±6,6*

Зябра риб є органом, який безпосередньо контактує з водним середовищем і через залозистий апарат якого метали шляхом активної фільтрації потрапляють в організм. Існує думка, що основним місцем проходження через залозистий апарат зябер є хлоридні клітини [8]. Проте існує припущення, що деякі важкі метали проникають в клітини зябрового епітелію прісноводних риб через кальцієві канали в апікальній мембрані [25].

Таблиця 2

Вміст іонів феруму в тканинах щуки (мг/кг сирової тканини,  $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Групи риб	Зябра	Печінка	М'язи	Нирки
Контроль	147,1±18,8	349,3±21,0	43,6±5,2	142,5±14,5
2 ГДК	250,6±17,0	384,3±17,2	62,9±5,4*	95,88±15,0*
5 ГДК	309,6±22,1*	339,9±22,4	33,6±6,5	136,7±17,3

В результаті дії підвищених концентрацій іонів феруму інтенсивність їх адсорбції зябрами змінюється. При цьому спостерігається прямопропорційне зростання акумуляції із зростанням вмісту іонів феруму у воді від 2 до 5 ГДК. Слід відмітити, що вміст досліджуваного металу в зябрах коропа контрольної групи майже вдвічі нижчий, ніж в зябрах щук цієї ж групи. За дії 2 ГДК металу у воді кількість феруму у зябрах коропа зростає на 14,9 %, а у щуки на 70,4 %. Концентрація металу у воді в кількості 5 ГДК веде до зростання цього показника у коропа на 52,0 %, а у щуки на 110,4 %.

Отже, на першому етапі акумуляції досліджуваного металу проходить досить швидке його поглинання з водного середовища в результаті сорбційних процесів чи іонно-обмінних або хімічних взаємодій з поверхневими структурами. Було показано, що до 70 % іонів металів потрапляють в організм риб саме через зябра [24].

Печінка є одним з найбільших залозистих утворень організму, яке бере участь у важливих метаболічних процесах [16]. В цьому органі також відбувається детоксикація цілої низки шкідливих для організму речовин.

Вміст феруму в печінці щуки контрольної групи риб досить значний. Він в 2,3 рази перевищує його у коропа. За дії іонів феруму в кількості 2 ГДК вміст металу в печінці щуки зростає на 10,0 %, а за дії 5 ГДК металу у воді знижується майже до контрольної величини. У коропа ж обидві досліджувані концентрації призводять до незначного зниження вмісту металу в цьому органі (біля 7 %).

Із сказаного слідує, що печінка риб є органом, який активно депонує біогенні метали, а також бере участь у детоксикації їх надлишку. Є дані про те, що в гепатоцитах іони металів, утворюючи комплекси з ферментами, беруть участь в синтезі білків, обміні нуклеїнових кислот та інших органічних сполук [16]. У відповідь на надлишкове надходження металів у організм в печінці риб ініціюється біосинтез металотіонеїнів, в яких іони металів зв'язуються з високомолекулярною фракцією білка [21]. Таким чином печінка риб виконує гомеостатичну функцію і бере активну участь у регуляції водно-сольового обміну в організмі.

На думку багатьох авторів, головним депонуючим органом у риб є скелетні м'язи [10, 14]. В наших дослідженнях виявлено невисокий вміст іонів феруму в цій тканині. По суті він найнижчий із усіх досліджуваних тканин. Проте, якщо врахувати, що у кісткових риб м'язова тканина становить до 50 % маси тіла, то загальний вміст металу у ній може бути досить значним.

Вміст феруму в м'язах риб контрольних груп у коропа та у щуки майже рівний (39,8 та 43,6 мг на кг сирової тканини відповідно). За дії підвищених концентрацій у воді вміст феруму у м'язах коропа спочатку знижується на 34,2 % (при 2 ГДК) та зростає практично до величини контрольної групи при 5 ГДК. У м'язах щуки відмічена дещо інша тенденція зміни цього показника. Так, концентрація металу у воді в кількості 2 ГДК викликає зростання вмісту феруму в м'язевій тканині щуки на 44,3 %, а у кількості 5 ГДК – веде до зниження цього показника на 22,9 %.

Наявність взаємозв'язку між вмістом металу в м'язевій тканині та його концентрації у воді не виключає можливості фізіологічної регуляції розподілу металу в організмі риб. Можливо, така регуляція відбувається не тільки шляхом обмеження депонування металу в

м'язах, але й шляхом міжорганного перерозподілу цього елемента [9]. Напевно саме тому ми не спостерігаємо певної закономірності у зміні досліджуваних показників в м'язевій тканині коропа та щуки.

Дослідження, проведені на значній кількості різних видів риб, показали, що процес накопичення металу в організмі є досить складним процесом, який складається з фаз накопичення, стабілізації та виведення [7]. Саме у останній фазі важлива роль належить ниркам.

В наших дослідженнях ми спостерігали зниження вмісту феруму в нирках коропа при 2 ГДК на 19,3 % та при 5 ГДК на 29,4 %. Слід також відмітити, що вміст цього металу в нирках коропа незначний. У риб контрольної групи він такий же як і в зябрах у цієї ж групи риб. При цьому в печінці феруму майже вдвічі більше, а в м'язах – вдвічі менше, ніж в нирках.

У щуки відмічена дещо інша закономірність зміни досліджуваних показників. Так, концентрація металу у воді в кількості 2 ГДК призводить до зниження вмісту феруму у нирках на 32,7 %, а при 5 ГДК цей показник зростає практично до контрольної величини. Виявлене явище може свідчити про наявність різних механізмів, які регулюють процеси виділення металів з організму риб. Так, було показано, що регулювання гомеостазу металів може здійснюватися як зміною інтенсивності всмоктування металу в шлунково-кишковому тракті, так і шляхом його екскреції у складі сечі та калових мас [7].

Було показано, що 90 % перорально або перентерально введеного в організм коропа цинку виводиться через шлунково-кишковий тракт, і лише 10 % - з сечею [17]. Це дозволило авторам зробити висновок про те, що у підтриманні гомеостазу цинку в організмі прісноводних риб важлива роль належить не ренальним, а екстраренальним механізмам. Можливо сказане і впливає на рівень екскреції феруму в складі сечі у досліджених нами риб. Якщо у коропа з підвищенням вмісту металу у воді ми спостерігаємо прямопропорційне зниження вмісту феруму в нирках, то у щуки такої закономірності не відмічено. Виявлене явище може свідчити про те, що у цих двох видів риб функціонують різні механізми підтримання гомеостазу металів у їх організмі.

## Висновки

Аналіз одержаних даних свідчить про певні закономірності тканинного розподілу феруму і особливості його накопичення в залежності від функціональних особливостей органів і тканин.

Загалом слід зазначити, що накопичення рибами важких металів є активним і регульованим тканинносцифічним процесом. Інтенсивність цього процесу залежить від будови та хімічних властивостей іону металу, фізико-хімічних особливостей водного середовища, а також від фізіолого-біохімічної активності організму риб.

1. *Беспамятнов Г. П.* Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г.П. Беспамятнов, Ю.А. Кротов. — Л.: Химия, 1985. — 240 с.
2. *Ваганов А. С.* Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов у промысловых видов рыб Куйбышевского водохранилища / А.С. Ваганов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2011. — Т. 13, № 5(2). — С. 143—146.
3. *Воробьев В. И.* Микроэлементы и их применение в рыбоводстве / В.И. Воробьев // М.: Пищевая промышленность. — 1979. - 183 с.
4. *Денисова А. И.* Фомирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А.И. Денисова. — К.: Наукова думка, 1979. — 290 с.
5. *Диксон М.* Ферменты / М. Диксон., Э. Уэбб. — М.: Мир, 1982. — Т.1. — 390 с.
6. *Евтушенко Н. Ю.* Роль макро- и микроэлементов в метаболизме пресноводных рыб: автореф. дис. на соискание науч. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.18 «Гидробиология» / Н.Ю. Евтушенко. — М., 1985. — 41 с.
7. *Евтушенко Н. Ю.* Механизмы поступления, распределения и выведения металлов из организма рыб / Н.Ю. Евтушенко С.В. Дудник // Гидробиол. журн. — 2014. — Т. 50, № 4. — С. 63—77.
8. *Карпюк М. И.* Теория биосорбции водных животных (научные основы и практическое использование) / М.И.Карпюк, И.А.Зубченко, А.Ф.Сокольский — Астрахань, 2002. — 333 с.

9. *Курант В. З.* Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спец. 03.00.10 «Іхтіологія» / В. З. Курант. — К., 2003. — 38 с.
10. *Лав М. Р.* Химическая биология рыб / М.Р. Лав. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 349 с.
11. *Лакин Г.Ф.* Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.:Высшая школа,1990. — 351 с.
12. *Линник П. Н.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, В.И. Набиванец. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 270 с.
13. *Моисеенко Т. И.* Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты / Т.И. Моисеенко. — М.: Наука, 2009. — 400 с.
14. *Патин С. А.* Микроэлементы в морских организмах и экосистемах / С.А. Патин, Н.П. Морозов. - М.: Легкая и пищевая пром-сть. — 1981. — 152 с.
15. *Рабченко О. О.* Ферум у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб / О. О. Рабченко, В. О. Хоменчук, В. З. Курант // Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2016. - №3-4 (67). — С. 77—89.
16. *Романенко В. Д.* Печень и регуляция межлужечного обмена (млекопитающие и рыбы) / В.Д. Романенко // К.: Наукова думка. — 1978. — 183 с.
17. *Романенко В. Д.* Роль отдельных органов в механизмах регуляции обмена цинка у рыб / Романенко В.Д., Мальжева Т.Д., Євтушенко Н.Ю. // Гидробиол. журн. — 1985. - Т. 21, № 3. — С. 57—62.
18. *Хлебович В. В.* Акклимация животных организмов / В.В. Хлебович. — Л.:Наука, 1981.—135 с.
19. *Хоменчук В. О.* Біохімічні особливості проникнення і розподілу деяких важких металів в організмі коропа лускатого: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.04 «Біохімія» / В. О. Хоменчук. — Львів, 2003. — 18 с.
20. *Bowen H.J.M.* Environmental chemistry of the elements / H.J.M. Bowen. — London: Acad. Press, 1979. — 333 p.
21. *Foulquier L.* Absorption et desorption du manganese par *Cyprinus carpio* L. eludices a faide du manganese / L. Foulquier, D. Assalin, A. Grauby // International Association of Theoretical and Applied Limnology. — 1972. — Vol. 18. — P. 54—58.
22. *Gastrointestinal uptake and distribution of copper in rainbow trout* / [Clearwater S.J., Baskin S.J., Wood C.M., McDonald D.G.] // J. Exp. Biol. — 2000. — Vol. 203. — P. 2455—2466.
23. *Martin B. R.* Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity / B.R. Martin // Metal ions in biological systems. — New-York and Bassel, 1988. — Vol. 20. — P. 21—65.
24. *Protasowicki M.* Bioacumulacia Cd, Pb, Cu, Zn w karpie — *Cyprinus carpio* L. w zaleznosci od stezeja w wodzie i czasu ekspozycji / M. Protasowicki, A. Chodynecki // Lesz. nauk. ryb. mor. i technol. zyw. — Szczecin, 1988. — Vol. 17. — P. 69-84.
25. *The movement of cadmium through freshwater trout branchial epithelium and its interference with calcium transport* P. M. Verbost, J. Van Rooij, G. Flik [et all.] // Journal of Experimental Biology. — 1989. — Vol. 145. — 185—197.
26. *Wood C. M.* Homeostasis and toxicology of essential metals / C.M. Wood, A.P. Farrel, C.J. Brauner // Fish Physiol. — London: Academic Press. — 2012. — Vol. 31A. — 497 p.

*Е. А. Рабченко, В. А. Хоменчук, Б. З. Ляврин, В. З. Курант*

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

#### НАКОПЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В ОРГАНИЗМЕ ПРЭСНОВОДНЫХ РЫБ ПРИ ЕГО ПОВЫШЕННОМ СОДЕРЖАНИИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Исследовано накопление и перераспределение железа в организме пресноводных рыб при его повышенном содержании в воде (2 и 5 ГДК). Показано, что наибольшее количество железа выявлено в печени и жабрах как карпа, так и щуки. Кроме того, значительное количество металла содержится в почках щуки. В мышцах исследуемых видов рыб концентрация железа незначительна, что может свидетельствовать об межорганном перераспределении этого элемента.

Четкой взаимосвязи между содержанием металла в тканях и его концентрацией в воде не обнаружено. Анализ полученных данных свидетельствует об определенных закономерностях тканевого распределения железа и особенностях его накопления в зависимости от функциональных особенностей органов и тканей.

В целом следует отметить, что накопление рыбами тяжелых металлов является активным, регулируемым и тканево-специфическим процессом. Интенсивность этого процесса зависит от концентрации металла в воде, его строения и химических свойств, физико-химических особенностей водной среды, а также от физиолого-биохимической активности организма рыб.

*Ключевые слова: водная среда, железо, накопление, карп, щука*

*O. O. Rabchenyuk, V. O. Khomenchuk, B. Z. Lyavrin, V. Z. Kurant*  
Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine

#### THE ACCUMULATION OF IRON IN ORGANISM OF FRESHWATER FISHES UNDER HIS HIGH CONTENT IN WATER ENVIRONMENT

The accumulation of iron in organism of freshwater fishes under action of higher content in water (2 and 5 MPC) was investigated. It was shown, that the greatest quantity of iron is contain in liver and gills of carp and pike. Also the great quantity of iron is located in kidney of pike. In muscles of investigated species of fishes concentration of iron is small, that attest about distribution between organs of this element.

The clear interconnection between content of metal in tissues and it concentration in water is not shown. Analysis of test results affirm about specific regularity of tissues distribution of iron and about peculiarity of it accumulation to depend on functional peculiarity of organs and tissues.

It is shown, that accumulation of heavy metals in fish organism is active and regulated tissue-specific process. The intensity of this process depends to the concentration of the metal in water, its building and chemical property, physical and chemical peculiarity of water environment, and also of physiologo-biochemical activity of fish organism.

*Keywords: water environment, iron accumulation, carp, pike*

Рекомендує до друку

Надійшла 20.02.2017

В. В. Грубінко

УДК [504.064:577.25](564.141)

І. В. ЮРЧАК

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

### **МЕТАЛ-ДЕПОНУВАЛЬНА ФУНКЦІЯ МЕТАЛОТІОНЕЇНІВ БЕЗЗУБКИ *ANODONTA ANATINA* (LINNAEUS, 1758) ЗА ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ**

Проведено дослідження розподілу металів (Zn, Cu, Cd) у тканинах травної залози та зябер молюсків беззубки *Anodonta anatina* за участі металотіонеїнів (МТ) за впливу малої дози (2 мГр) іонізуючої радіації на організм. Встановлено, що у тканині травної залози опромінених молюсків істотно зростає вміст Zn та зменшується вміст Cu та Cd, а Zn-депонувальна здатність МТ зменшується. Профіль елюції МТ зазнає змін у обох досліджених тканинах.

*Ключові слова: металотіонеїни; двостулкові молюски; іонізуюча радіація*

Серед багатьох проблем радіаційного забруднення, які виникли після аварії на Чорнобильській АЕС, пролонгований ефект випромінювання малими дозами на біологічні системи є

малодосліджений, особливо на безхребетних. Зокрема, він може стосуватися перевищення адаптаційного потенціалу живих організмів щодо пошкоджувальних чинників довкілля [5].

Відомо, що двостулкові молюски характеризуються вираженою метал-депонувальною здатністю. Причому рівні накопичення металів в їх організмі відображують не тільки концентрацію забруднювачів у довкіллі, а й їх біологічну доступність для живих організмів, яка лежить в основі токсичності. Відтак, вважають, що рівні акумуляції іонів металів у молюсках є коректними біомаркерами у оцінці екологічних ризиків у водних екосистемах [1-3]. У клітинах надлишок металів цинку, купруму та кадмію акумулює метал-депонувальний та стрес-індукований протеїн металотіонеїн (МТ).

Метою дослідження стала оцінка адаптивного потенціалу двостулкового молюска до впливу малої дози радіації на прикладі функціональної активності МТ.

### Матеріал і методи досліджень

Досліджували дорослі особини двостулкового молюска *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) діаметром мушлі близько 8 см і масою 42-47 г. Молюсків відбирали з умовно чистої місцевості (с. Івачів, вище м. Тернопіль у верхній ділянці р. Серет), яка належить до зони з мінімальним рівнем радіаційного забруднення (до 10 мкР/год), що відповідає природньому радіаційному фону згідно даних Тернопільського обласного лабораторного центру держсанепідслужби України.

Формували дві групи молюсків – одна контрольна, інша піддавалась дії радіоактивного опромінення у дозі 2мГр (Дослід). Опромінення здійснювали одноразово з допомогою рентгенівського апарату РУМ-20 (час експозиції – 2 с). Експозицію проводили в безводному середовищі у пластикових коробках. Молюсків досліджували через 14 діб після опромінення. МТ тканин молюсків виділяли шляхом гель-фільтрації розчину термостабільних сполук як описано у [2]. Загальний вміст металів (Zn, Cu, Cd) у тканинах та фракціях МТ молюсків вимірювали після спалювання зразків у перегнаній нітратній кислоті в співвідношенні 1:5 (маса:об'єм). Вірогідність відхилення двох рядів значень обчислювали з використанням *t*-тесту Стьюдента.

### Результати досліджень та їх обговорення

Вплив іонізуючого випромінювання не викликав смертності молюсків порівняно з контролем. Отримані результати підтверджують інформацію про резистентність двостулкових молюсків *A. anatina* до малих доз радіації [5]. Розподіл форм термостабільних протеїнів молюска за гель-хроматографії представлено на рисунку.

У контрольних тварин спостерігається класичний розподіл на дві фракції, з яких низькомолекулярна відповідає МТ-вмісній фракції за низкою ознак [2]. Ця фракція з молекулярною масою близько 10 кДа у обох тканинах відповідає критеріям термостабільності та типовим характеристикам УФ-спектру (високий показник співвідношення D254/D280).

За дії іонізуючого випромінювання у дозі 2 мГр спостерігається деформація профілю елюції із зміною об'єму виходу фракції, що свідчить про ознаки гетерогенності, які можуть бути викликані окисними модифікаціями молекули протеїну. Аналіз спектральних ознак термостабільних протеїнів свідчить про наявність типових ознак МТ-вмісної фракції (рис. В, Г) як у травній залозі, так і у зябрах контрольної та дослідної груп. Визначення складу металів у МТ та тканині свідчить, що за дії іонізуючої радіації спостерігаються істотні зміни у вмісті та співвідношенні всіх досліджуваних металів (табл.) . Відтак, у молюсків дослідної групи у травній залозі вміст цинку збільшується, що поєднується з вивільненням його з МТ та зменшенням депонувальної здатності протеїнів з 5% у контролі до 2,3% в досліді. Разом з тим, МТ опромінених молюсків ефективніше акумулюють купрум як в травній залозі, так і в зябрах, тоді як загальний вміст купруму, а також кадмію у тканинах суттєво зменшується.

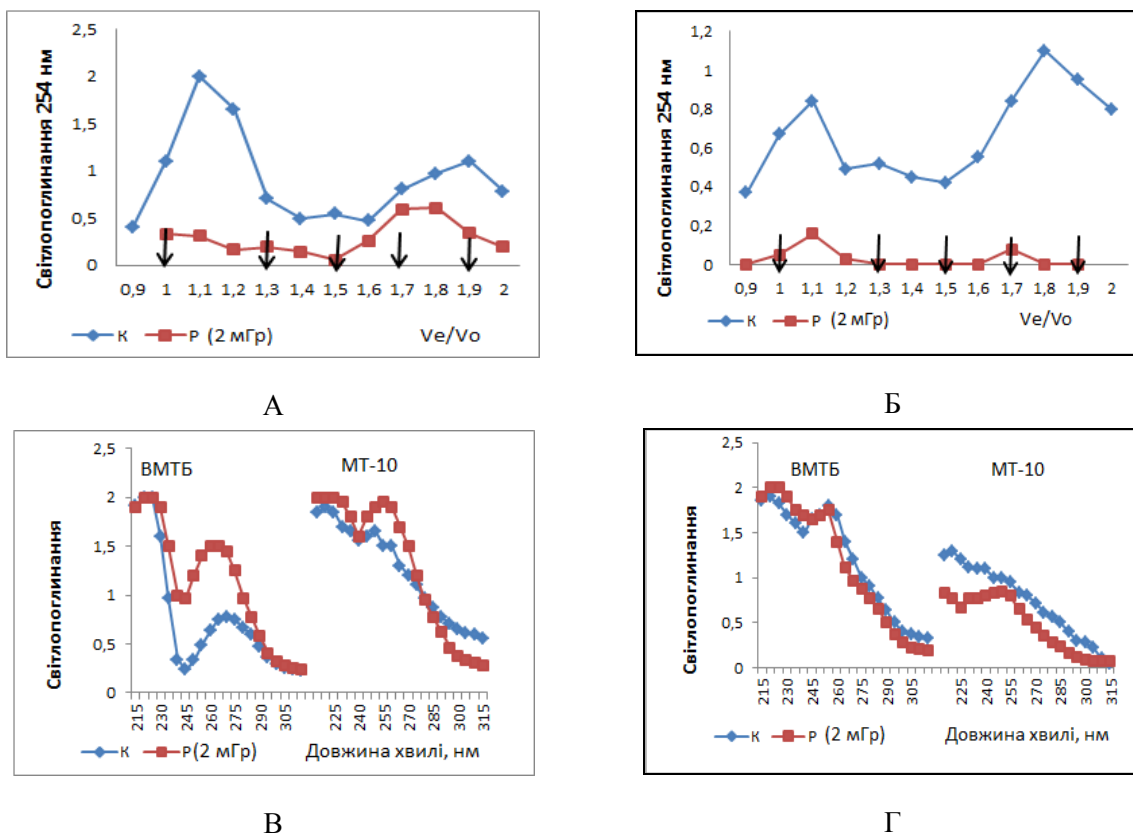


Рис. Профілі елюції (А-травна залоза, Б-зябра) та УФ-спектри (В-травна залоза, Г-зябра) за гель-розподільчій хроматографії на сефадексі G-50 термостабільного екстракту травної залози і зябер двостулкового молюска за дії радіоактивного випромінювання (доза 2 мГр). Примітка. Стрілками (Рис. А, Б) вказано об'єм ( $V_e/V_0$ ) елюції маркерів: 1,0– хімотрипсिनогену (25,8 кДа), 1,3– міоглобін (17,0 кДа), 1,5 – цитохрому *c* (12,3 кДа), 1,7 – убіквітину (8,6 кДа), 0,96 – окиснений  $\beta$ -ланцюг інсуліну (3,4 кДа);  $V_e$  – об'єм елюції,  $V_0$  –зовнішній об'єм гелю. ВМТБ – відповідає виходу високомолекулярної фракції, МТ-10 – фракція з  $M_r$  10 кДа.

Таблиця

Розподіл металів у тканинах та металотіонеїнах травної залози та зябер двостулкового молюска *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) у контролі та за дії на організм іонізуючого випромінювання (Р), мкг/г вологої тканини (% , частка від загального вмісту),  $M \pm m$ ,  $n=3$

Метали	Групи	Загальний вміст		Вміст у металотіонеїнах, (% , частка від загального вмісту)	
		Травна залоза	Зябра	Травна залоза	Зябра
Cu	Контроль	2,25±0,02	2,13±0,07	1,25±0,28 (55,6%)	1,27±0,29 (59,6%)
	Дослід	1,79±0,04*	1,34±0,07*	1,41±0,06 (78,7%)	1,20±0,02 (89,5%)
Zn	Контроль	28,00±5,01	91,64±15,25	1,40±0,02 (5%)	3,20±0,23 (3,5%)
	Дослід	46,06±3,57*	93,5±4,77	1,04±0,12* (2,3%)	3,32±0,19 (3,5%)
Cd	Контроль	1,44±0,16	1,34±0,20	1,13±0,11 (78,5%)	1,28±0,22 (95,5%)
	Дослід	1,16±0,06*	0,74±0,12*	0,88±0,02 (75,9%)	0,72±0,11 (97,3%)

Примітка. \* – відмінність між контролем та дослідною групою вірогідна,  $p < 0,05$

З літературних джерел відомо про дослідження ефективності депонування металів МТ за дії іонізуючого випромінювання у миші за впливу рентгенівського випромінювання у діапазоні доз від 1 до 80 Гр. У цій роботі було доведено, що рівень експресії МТ-1 не пов'язаний із перерозподілом металів у складі МТ [4]. Проте у нашому дослідженні віддалені наслідки одноразового опромінення у молюска проявляються як дисбаланс металів, втрата здатності МТ акумулювати цинк, що може позначатися на здатності організму формувати адаптивну відповідь на вплив несприятливих чинників середовища існування та пояснити молекулярні реакції, у тому числі і відповідь окисного стресу на дію випромінювання [2, 5]. Роль дисбалансу цинк/купрум у тканинах та МТ двостулкового молюска для формування адаптивної відповіді організму за дії низьких доз радіації потребує детальнішого дослідження.

### Висновки

Проведене дослідження показало, що метал-депонувальну функцію металотіонеїнів молюска *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) можна використовувати як неспецифічний біомаркер для оцінки з'ясування наслідків впливу іонізуючого випромінювання в умовах природного середовища.

1. *Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates* / [I. M. Sokolova., M. Frederich, R. Bagwe et al.] // *Mar. Environ. Res.* — 2012. — Vol. 79. — P. 1—15.
2. *Falfushynska H. In situ exposure history modulates the molecular responses to carbamate fungicide Tattoo in bivalve mollusk* / H. Falfushynska, L. Gnatyshyna, O. Stoliar // *Ecotoxicol.* — 2013. — Vol. 22, N 3. — P.433—445.
3. *Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their use as biomarkers* / [J. C. Amiard, C. Amiard-Triquet, S. Barkaet al.] // *Aquat. Toxicol.* — 2006. — Vol. 76. — P. 160—202.
4. *Koropatnick J. Organspecific metallothionein induction in mice by X-irradiation* / J. Koropatnick, M. Leibbrand, M. G. Cherian // *Radiat. Res.* — 1989. — Vol. 119. — P. 356—365.
5. *Interpopulational variability of molecular responses to ionizing radiation in freshwater bivalve Anodonta anatina (Unionidae)* / [H. Falfushynska, L. Gnatyshyna, I. Yurchak et al.] // *Sci. Total Environ.* — 2016. — Vol. 568. — P. 444—456.

*И. В. Юрчак*

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

### МЕТАЛЛ-ДЕПОНИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ МЕТАЛЛОТИОНЕИНОВ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ANODONTA ANATINA* ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проведено исследование распределения металлов (Zn, Cu, Cd) в тканях пищеварительной железы и жабр моллюсков беззубки *Anodonta anatina* с участием металотионеинов (МТ) при воздействии малой дозы (2мГр) ионизирующей радиации на организм. Установлено, что в ткани пищеварительной железы облученных моллюсков существенно увеличивается содержание Cu и Cd, а Zn-депонирующая функция способность МТ уменьшается. Профиль элюции МТ претерпевает изменения в обеих исследованных тканях.

*Ключевые слова:* металлотіонеїни; двустворчатие моллюски; ионизирующее излучение

*I. V. Yurchak*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

### METAL-KEEPING FUNCTION OF METALLOTHIONEINS IN THE MUSSEL *ANODONTA ANATINA* UNDER THE EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE ORGANISM

Freshwater organisms are exposed to multiple anthropogenic stressors including chemical pollution and warming that can affect health of the resident organisms and their responses to novel challenges. Among the many problems of radioactive contamination that arose after the Chernobyl accident, prolonged effect of small doses of radiation on biological systems is one of modt unexplored, especially in invertebrates. We investigated the effect of *in situ* exposure history on molecular responses to ionizing radiation, in unionid mollusks *Anodonta anatina*. Bivalve mollusks are



characterized by highly expressed properties to accumulate excess of metals. In the cells the excess of metals (Zn, Cu, Cd) is accumulating in the metal-buffering and stress-induced proteins metallothioneins. The aim of the present study was to evaluate the adaptive capacity of these proteins in the freshwater bivalve mollusk under the exposure to low dose of radiation.

Bivalve mollusk from relatively pristine area were exposed to 2 mGy X-ray radiation followed by 14 days of recovery (R-group) or to control conditions (C-groups). The pristine (reference) site was located in a forestry area in the upstream portion of Seret River near the village Ivachiv away from the sources of industrial contamination. An ionizing radiation could be considered as a novel stressor for the mollusks from this area.

Effects of ionizing radiation did not cause bivalve mollusk mortality compare with controls. Results confirm information about the resistance of bivalve mollusk *Anodonta anatina* to low doses of radiation.

The distribution of metals (Zn, Cu, Cd) in the digestive gland and gills tissues of the mussel *Anodonta anatina* with the participation of metallothionein (MT) under the effect of low dose of ionizing radiation (2mG) on the organism was evaluated. It was established significant increase in the level of Zn and decrease of Cu and Cd levels and Zn-binding ability of MT in the digestive gland of the irradiated mussels. The elution profile of MT is changed in both tissues. Analysis of spectral characteristics thermostable proteins indicates the presence of typical signs of MT-containing fractions in the digestive gland and the gills in the control and experimental groups.

To summarize, this study showed that metallothioneins characteristics in the bivalve mollusk can be used as a nonspecific biomarker for assessing the effects of ionizing radiation in the environment. Further studies will be devoted to the responses of specimens from the areas subjected to the suspected effect of radiation

*Keywords: metallothioneins, bivalve mollusk, irradiation*

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 09.02.2017

# ЕКОЛОГІЯ

УДК 581.1+ 546.77+ 635.652+ 535.37

А. І. ГЕРЦ, О. Б. КОНОНЧУК

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

## **ЗМІНА ДЕЯКИХ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН *PHASEOLUS VULGARIS* L. ЗА РІЗНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАНОМОЛІБДЕНУ**

---

Досліджено у ґрунтовій вегетаційній культурі вплив позакореневого підживлення рослин квасолі звичайної сорту Буковинка різними концентраціями молібденового нанопрепарату. На підставі методу індукованої флуоресценції хлорофілу (ІФХ) та проведених морфо-фізіологічних досліджень встановлено, що оптимальною концентрацією мікроелементу є 240 мг/л. Виокремлено групу параметрів флуоресценції хлорофілу *a*, зокрема  $F_{PSII}$ ,  $\phi NPQ$ , що пов'язані з продуктивністю сорту та чутливі до зміни концентрації розчину молібдену для позакореневого внесення.

*Ключові слова:* квасоля звичайна, *Phaseolus vulgaris* L., молібден, ріст, хлорофіл, флуоресценція, індукція флуоресценції хлорофілу, нефотохімічне гасіння, ефективність фотохімії ФС II

Молібден відіграє важливу роль у багатьох фізіологічних процесах рослин, оскільки входить до складу більше ніж двадцяти ферментів. Перш за все, цей мікроелемент впливає на азотний обмін рослин, оскільки є компонентом нітратредуктази, нітрогенази, активує реакції амінування і переамінування, необхідний для синтезу леггемоглобіну тощо, що особливо важливо для бобових культур [3, 10, 20]. Молібден необхідний під час білкового синтезу, вуглеводного обміну та обміну фосфорних сполук, синтезу вітамінів і хлорофілів тощо [17].

Дефіцит молібдену виявляється в першу чергу на кислих ґрунтах через його зв'язування оксидами алюмінію і заліза та органічними сполуками [7, 10, 18]. Тому, у сільськогосподарському виробництві нестачу мікроелементу усувають не лише оптимізацією рівня кислотності і внесенням мінеральних добрив у ґрунт, а й застосуванням під час передпосівної обробки насіння та позакореневим підживленням рослин [7, 17, 19, 21, 24].

Підвищити ефективність застосування молібдену може його використання у формі нанопрепаратів, які володіють значно вищою біоактивністю, порівняно із звичайними мікродобривами, завдяки активнішому і тривалішому проникненню діючої речовини з наночастинок у рослини та менш вираженою фітотоксичною дією. Передпосівна обробка насіння та обприскування рослин такими препаратами забезпечує стимулювання їх росту, підвищення стійкості до абіотичних і біотичних стресових чинників, оптимізує симбіотичну азотфіксацію, зумовлює вищу продуктивність тощо [1, 11, 15, 23].

Отже, метою нашого дослідження було за ростовими процесами і станом фотосинтетичного апарату рослин квасолі звичайної встановити найефективнішу концентрацію наномолібденового препарату вітчизняного виробництва для позакореневого підживлення.

### Матеріал і методи досліджень

У дослідях використовували квасолю звичайну (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту Буковинка, який відноситься до середньостиглих форм зернового напрямку продуктивності та рекомендований до вирощування у Лісостепу і Степу України з 2004 року.

Досліди проводились у лабораторії фізіології рослин і мікробіології кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Рослини вирощувались у вегетаційних посудинах на чорноземі типовому малогумусному за 80% польової вологості та штучному освітленні 15 кЛк.

Досліджуваний молібденовий препарат є колоїдним розчином мікроелементу концентрації 100 мг/л, який виготовлений в Інституті біоколоїдної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка НАН України (м. Київ) шляхом відновлення Мо у розчині  $K_2MoO_4$  з подальшою стабілізацією наночастинок багатоатомними спиртами.

Квасолю у фазу перших справжніх листків обприскували водними розчинами нанопрепарату концентрації 120, 240 і 360 мг/л молібдену (варіанти, відповідно,  $Mo_{120}$ ,  $Mo_{240}$ ,  $Mo_{360}$ ) чи дистильованою водою (контроль).

Експеримент тривав до фази трьох листків, під час якої досліджували висоту рослин, масу сирі і сухої речовини за загальноприйнятими методиками [4], загальну площу листової поверхні методом висічок [8] та за допомогою ПЗ Petiole Android App, вміст основних листових пігментів фотометрично [12].

Оцінка стану фотосинтетичного апарату рослин здійснювалась методом індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ). Вимірювання проводили за допомогою РАМ-флуорометра MultispeQ Beta [22].

Повторність визначень 4-6-кратна. Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програми *MS Excel* та *RStudio*.

### Результати досліджень та їх обговорення

Вирощування квасолі звичайної сорту Буковинка у ґрунтовій вегетаційній культурі показало, що позакореневе підживлення рослин нанопрепаратом молібдену позитивно впливає на ростові процеси вже у фазу третього справжнього листка (табл. 1).

Таблиця 1

Показники росту та площа листків рослин квасолі звичайної сорту Буковинка за дії наномолібдену різних концентрацій у фазу трьох листків

Показник	Контроль	$Mo_{120}$	$Mo_{240}$	$Mo_{360}$
висота рослини, г	18,7±1,3	21,6±0,5	21,2±1,8	21,5±0,6
маса сирі надземної частини, г	3,48±0,29	5,09±0,21*	7,95±0,63*	4,86±0,30*
маса сирих листків на рослині, г	2,03±0,19	3,01±0,14*	5,53±0,52*	2,89±0,16*
площа листової поверхні, см <sup>2</sup>	176,7±16,8	229,0±10,7*	289,8±27,2*	216,9±12,1
маса сухого стебла, г	0,18±0,02	0,28±0,01*	0,29±0,03*	0,29±0,02*

Примітка: \* – зміни порівняно з контролем вірогідні ( $P < 0,05$ )

Висота рослин у дослідних варіантах підвищувалась на 13,4-15,5% до контролю без значних відмінностей залежно від концентрації мікроелементу.

Відомо, що важливішим показником оцінки ростових процесів рослин є не їх лінійний ріст, а процеси накопичення ними маси [2]. Так, маса сирі надземної частини рослин квасолі зростала достовірно на 128,4% після обробки молібденом концентрації 240 мг/л та на 46,3% і 39,7% до контролю, відповідно, 120 і 360 мг/л. Аналогічна тенденція виявлена і за підвищенням маси сирих листків – у варіанті  $Mo_{120}$  на 48,3%,  $Mo_{240}$  – 172,4% і  $Mo_{360}$  – 42,4% та їх загальної площі – на 29,6%, 64,0% і 22,8% до контролю, відповідно. Накопичення маси сухої речовини у стеблах відбувалось достовірно інтенсивніше, ніж у контрольних рослин, на 55,6-61,1% і, як і ріст, без значних відмінностей залежно від концентрації мікроелементу.

Аналіз даних реакції рослин квасолі за ростовими процесами на досліджувані концентрації молібдену вказує на переважаюче стимулювання мікроелементом накопичення сирової маси у надземній частині рослин за рахунок значніших асимілятивних і ростових процесів, перш за все, у листках, що виразилось у підвищенні їх маси і площі та маси сухих речовин у стеблі. Найвищі показники стимулювання наростання маси сирової речовини надземної частини та площі і маси листків виявляє застосування розчину наномолібдену концентрації 240 мг/л.

Відомо, що мінеральне живлення здійснює стимулюючий вплив на утворення і функціонування фотосинтетичного апарату, а сам фотосинтез здатний підвищувати ефективність використання елементів мінерального живлення. Проте, зазначений взаємозв'язок залежить від багатьох чинників, у першу чергу, форми, дози та способу застосування елементів живлення [5].

Важливим фізіологічним показником у дослідженнях впливу молібдену на рослини є вміст фотосинтетичних пігментів, адже за нестачі мікроелементу знижується вміст хлорофілів, на листках можуть з'явитись жовті плями і навіть скручування і висихання [7].

Спектрофотометричне визначення вмісту в листках хлорофілу *a* виявило його найвище зростання у дослідному варіанті Мо240 – на 18,4% до контролю, а після обробки мікроелементом концентрації 120 і 360 мг/л, відповідно, на 6,3% і 10,0% (табл. 2).

Зростання хлорофілу *b* і основних каротиноїдів було значніше після застосування максимальної досліджуваної концентрації молібдену у 360 мг/л – на 36,2% і 39,3% порівняно з контролем. Молібден концентрації 240 мг/л підвищував вміст зазначених пігментів на 18,5% і 5,3% та 120 мг/л – 4,2% і 7,0% до контролю, відповідно (табл. 2).

У функціональному відношенні хлорофіли та каротиноїди складають єдину систему [5]. Так, під впливом нанопрепарату незначно змінювалось співвідношення між ними, за виключенням зростання на 12,5% до контролю відношення суми хлорофілів *a* і *b* до каротиноїдів у варіанті Мо240 та зменшення на 9,1% цього співвідношення і на 19,2% балансу хлорофілу *a* і хлорофілу *b* після застосування мікроелементу концентрацією 360 мг/л (табл. 2). Така неоднакова зміна цих показників може свідчити про певну специфічність метаболічних процесів зумовлених дією молібдену та можливим негативним впливом високої концентрації мікроелементу у 360 мг/л, адже відомо, що зростання каротиноїдів відіграє важливу роль у формуванні захисних механізмів фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих факторів [14].

Таблиця 2

Вміст листових пігментів у рослинах квасолі звичайної сорту Буковинка за дії наномолібдену різних концентрацій у фазу трьох листків, мг/100 г сирової маси

Показник	Контроль	Мо <sub>120</sub>	Мо <sub>240</sub>	Мо <sub>360</sub>
хлорофіл <i>a</i>	70,0±1,5	74,4±0,7	82,9±3,4*	77,0±6,6
хлорофіл <i>b</i>	155,4±2,7	161,9±3,9	184,1±5,4*	211,6±5,1*
основні каротиноїди	30,0±0,6	32,1±0,6	31,5±0,9	41,8±0,6*
хлорофіл <i>a</i> / хлорофіл <i>b</i>	0,45	0,46	0,45	0,36
хлорофіл <i>a+b</i> / каротиноїди	7,51	7,36	8,45	6,90

Примітка: \* – зміни порівняно з контролем вірогідні (P<0,05)

Оскільки, фотосинтез є необхідною умовою ефективного використання елементів мінерального живлення та з метою обґрунтування вищеописаних морфо-фізіологічних відмінностей, очевидно обумовлених дією йонів молібдену, здійснено оцінку стану ФС II у *P. vulgaris* методом індукованої флуоресценції хлорофілу *a* (ІФХ) [9, 13].

Стан фотосистеми II (ФС II) оцінюється за низкою параметрів ІФХ (табл. 3). Найбільш інформативним, серед них, є міра ефективності фотохімії ФС II на світлі – ФПСII (ефективний

квантовий вихід фотохімічних реакцій у ФС II, параметр Жанті), що визначає частку світла, поглинутого хлорофілом, асоційованим з ФС II, яка використовується на фотохімію [9, 13]. У якості параметрів, що характеризують теплову дисипацію енергії, використовують нефотохімічне гасіння флуоресценції (NPQt) і квантовий вихід нефотохімічного гасіння флуоресценції ( $\phi$ NPQ) [22].

Таблиця 3

Флуоресцентні параметри та відносний вміст хлорофілу листків квасолі звичайної сорту Буковинка за дії наномолібдену різних концентрацій у фазу трьох листків, в.о.

Показник	Контроль	Mo <sub>120</sub>	Mo <sub>240</sub>	Mo <sub>360</sub>
$\Phi_{PSII}$	0,63±0,007	0,65±0,007	0,68±0,005*	0,65±0,006
% до контролю	-	103,0	107,9	103,0
NPQt	0,49±0,016	0,39±0,008*	0,38±0,010*	0,46±0,030
	-	79,5	77,5	93,8
$\phi$ NPQ	0,12±0,004	0,09±0,002*	0,08±0,001*	0,10±0,007
% до контролю	-	75,0	66,6	83,3
$\phi$ NO	0,24±0,003	0,24±0,005	0,23±0,005	0,23±0,003
% до контролю	-	100,0	95,8	95,8
qL	0,53±0,012	0,55±0,017	0,60±0,017*	0,57±0,013
% до контролю	-	103,7	113,2	107,5
LEF	26,15±1,16	28,92±1,27	27,23±2,05	29,63±1,27
	-	110,6	104,1	113,3
Rfd	1,76±0,05	1,93±0,06	2,12±0,05*	1,91±0,06
% до контролю	-	109,6	120,5	108,5
SPAD	35,25±2,01	37,63±1,23	41,62±1,49*	37,66±0,59
% до контролю	-	106,7	118,1	106,8

Примітка: \* – зміни порівняно з контролем вірогідні (P<0,05)

Аналізуючи вплив наномолібдену на флуоресцентні параметри фотосинтетичного апарату *P. vulgaris* (табл. 3), зауважимо, що не лише  $\Phi$ PSII, NPQt,  $\phi$ NPQ, але й такі параметри, як частка реакційних центрів ФС II, що знаходяться у відкритому стані (qL), частка світла, котра йде на активацію нерегульованих процесів у ФС II ( $\phi$ NO) та лінійний електронний транспорт (LEF) певною мірою (залежно від варіанту досліду) реагують на присутність молібдену, як мікроелемента у розчині для позакореневого підживлення. На те, що вплив мікроелементу є позитивним, вказують дані відносного вмісту хлорофілу (SPAD) [22] у листках квасолі. У всіх досліджуваних варіантах (порівняно з контролем) SPAD зростає, а за концентрації молібдену 240 мг/л відмінність є статистично достовірною (табл. 3). Цей параметр широко використовується в якості індикатора азотного статусу рослин та є месенджером перших проявів стресу [22], який, враховуючи отримані нами дослідні значення SPAD, не виникає за дії використаних нами концентрацій молібдену.

Для встановлення взаємозв'язку та впливу вищезгаданих параметрів флуоресценції хлорофілу *a* на вегетативну масу рослин, було побудовано кореляційну матрицю (табл. 4). Матриця кореляції маси сирової надземної частини (див. табл. 1) та параметрів флуоресценції хлорофілу (див. табл. 3) дозволила виділити наступні параметри:  $\Phi$ PS II, SPAD, індекс життєздатності (Rfd), які позитивно корелюють із збільшенням вегетативної маси рослин. Коефіцієнт кореляції (r) становить 0,51, 0,52 та 0,53 відповідно.

Отже, збільшення маси сирової надземної частини, маси окремо взятих сирих листків, площі листової поверхні (див. табл. 1) обумовлене зростанням вмісту хлорофілу та рівня квантового виходу електронного транспорту у ФС II (табл. 4). Збільшення частки нефотохімічних процесів  $\phi\text{NPQ}$  ( $r = -0,50$ ) у ФС II, знижує фотосинтетичну продуктивність рослин, що цілком закономірно та узгоджується з літературними даними [13].

Таблиця 4

Кореляційна матриця параметрів флуоресценції хлорофілу а за дії наномолібдену під час позакореневого внесення, г

	SPAD	$\Phi_{\text{PSII}}$	NPQt	qL	$\phi\text{NPQ}$	$\phi\text{NO}$	LEF	RFd	маса сирової надземної частини, г
SPAD	1,00	0,44	-0,21	0,45	-0,32	-0,39	0,03	0,46	0,52
$\Phi_{\text{PSII}}$	0,44	1,00	-0,64	0,89	-0,85	-0,70	0,00	1,00	0,51
NPQt	-0,21	-0,64	1,00	-0,23	0,95	-0,09	0,14	-0,61	-0,43
qL	0,45	0,89	-0,23	1,00	-0,53	-0,94	0,07	0,91	0,41
$\phi\text{NPQ}$	-0,32	-0,85	0,95	-0,53	1,00	0,23	0,10	-0,83	-0,50
$\phi\text{NO}$	0,39	-0,70	-0,09	-0,94	0,23	1,00	-0,12	-0,73	-0,27
LEF	0,03	0,00	0,14	0,07	0,10	-0,12	1,00	0,01	-0,14
RFd	0,46	1,00	-0,61	0,91	-0,83	-0,73	0,01	1,00	0,53
маса сирової надземної частини, г	0,52	0,51	-0,43	0,41	-0,50	-0,27	-0,14	0,53	1,00

Незважаючи на велику кількість літературних джерел щодо впливу металів на фотохімічні та фізіологічні процеси рослин, на сьогодні немає цілісної картини змін у реакціях фотосинтезу під впливом цього типу стресу [22]. У цілому, відомо, що високі концентрації важких металів інгібують фотосинтез. Хоча, вплив окремих металів є специфічним для конкретних видів рослин і навіть сортів [6].

Щоб оцінити вплив різних концентрацій йонів молібдену на вище згадані параметри (табл. 4), що характеризують стан ФС II, поряд із однофакторним дисперсійним аналізом (ANOVA), було проведено додатковий після-аналіз (post-hoc) із застосуванням критерію Тьюкі [16].

З'ясовано, що  $\Phi\text{PSII}$ , NPQt,  $\phi\text{NPQ}$ , частка реакційних центрів ФС II (РЦ ФС II), які знаходяться у відкритому стані (qL), відносний вміст хлорофілу (SPAD) та індекс життєздатності (RFd) чутливі до зміни концентрації наномолібдену у розчині ( $P < 0,05$ ) для позакореневого підживлення рослин (табл. 5, рис. 1).

Таблиця 5

Попарне порівняння варіантів досліджень із застосуванням критерію Тьюкі (виявлення розміру впливу різних концентрацій наномолібдену на параметри флуоресценції хлорофілу а)

Варіанти	р-величина							
	$\Phi_{\text{PSII}}$	NPQt	$\phi\text{NPQ}$	$\phi\text{NO}$	qL	LEF	RFd	SPAD
Mo <sub>120</sub> - Контроль	0,240	0,024*	0,022*	0,989	0,903	0,590	0,235	0,591
Mo <sub>240</sub> - Контроль	0,004*	0,016*	0,002*	0,373	0,050*	0,965	0,003*	0,016
Mo <sub>360</sub> - Контроль	0,360	0,773	0,474	0,726	0,501	0,380	0,345	0,566
Mo <sub>240</sub> - Mo <sub>120</sub>	0,188	0,982	0,681	0,166	0,131	0,849	0,141	0,142
Mo <sub>360</sub> - Mo <sub>120</sub>	0,986	0,098	0,256	0,433	0,850	0,981	0,988	0,999
Mo <sub>360</sub> - Mo <sub>240</sub>	0,094	0,063	0,033*	0,872	0,416	0,646	0,070	0,133

Примітка: \* – зміни порівняно з контролем вірогідні

До іншої групи параметрів флуоресценції, найменш чутливих до зміни концентрації наночастинок молібдену під час позакореневого внесення, належать лінійний електронний

транспорт (LEF) та частка світла, котра йде на активацію нерегульованих процесів у ФС II ( $\phi_{NPQ}$ ) [22].

Таким чином, отримано ряд параметрів флуоресценції хлорофілу *a*, що можуть продемонструвати не лише короткотривалу, а й довготривалу післядію металів на фотосинтетичну активність квасолі звичайної сорту Буковинка.

Щодо питання впливу концентрації металу в розчині, яке є дискусійним у ряді літературних джерел, необхідно зауважити, що концентрація наномолібдену 240 мг/л позитивно впливає на перебіг первинних процесів фотосинтезу (табл. 4.). У *P. vulgaris*, за таких умов, на фоні високого вмісту хлорофілів у листках, збільшується частка світла, яка реалізується через фотохімічні процеси, про що свідчать параметр ФПСII та суттєво знижується рівень квантового виходу нефотохімічного гасіння флуоресценції ( $\phi_{NPQ}$ ) (табл. 3, 5; рис. 1).

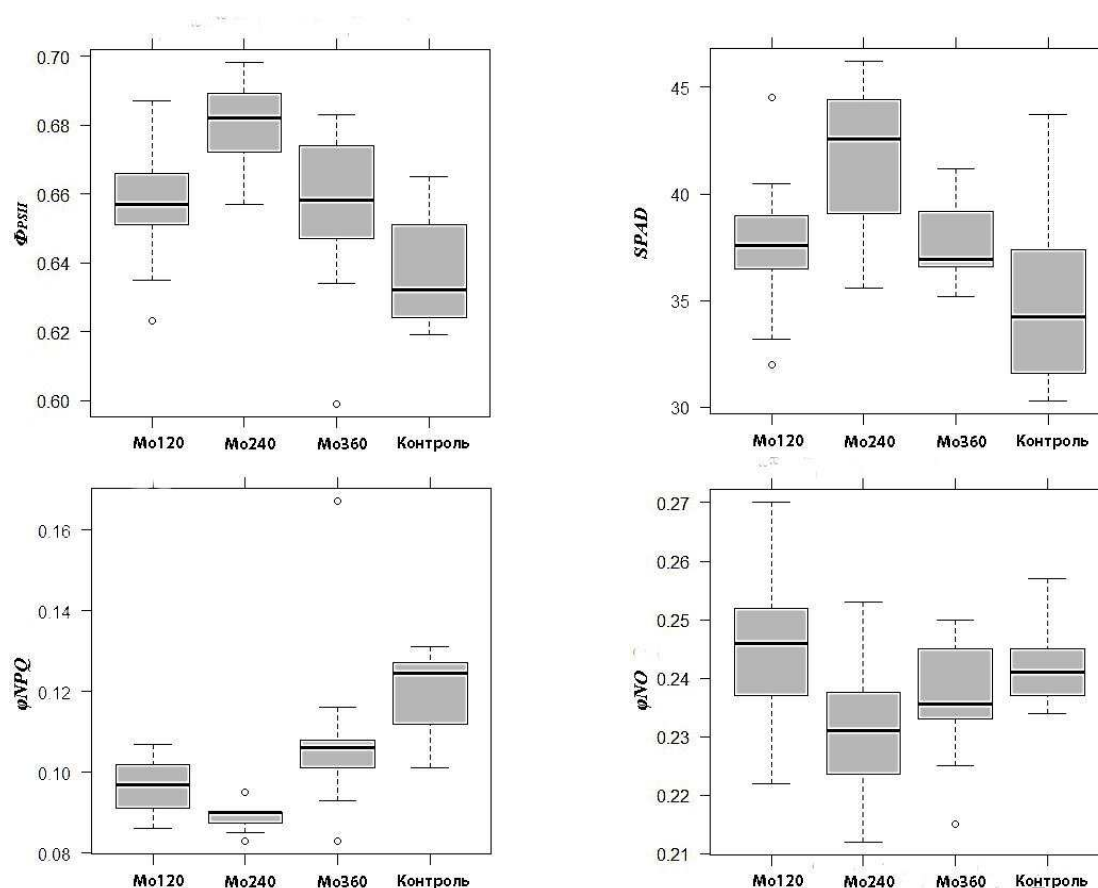


Рис. 1. Діаграми розмаху основних параметрів флуоресценції хлорофілу за дії наномолібдену різних концентрацій у фазу трьох листків, в.о.

У листках рослин, оброблених Mo120, також спостерігається суттєве ( $P < 0,05$ ) інгібування нефотохімічних процесів, що відповідають за перетворення світлової енергії у тепло. Трьохкратне збільшення концентрації наномолібдену до 360 мг/л у розчині для позакореневого застосування, чинить протилежний ефект. Спостерігається тенденція до зниження фотосинтетичної ефективності та зростання квантового виходу нефотохімічного гасіння, що вказує на фотоінгібування ФС II.

Отже, збільшення концентрації наномолібдену до 360 мг/л у розчині для позакореневого живлення рослин, знижує  $F_m'$ -рівень флуоресценції, зумовлений максимальною відновленістю QA, та закритістю центрів ФС II. Відтак, через пригнічення фотосинтетичної ефективності ФС II та зростаючу роль нефотохімічних процесів трансформації світлової енергії рослиною, збільшення концентрації наномолібдену з 240 мг/л до 360 мг/л є не доцільним.

**Висновки**

Максимальні величини стимулювання ростових процесів рослин квасолі звичайної сорту Буковинка має концентрація наномолібдену 240 мг/л за показниками накопичення сирової маси у надземній частині рослин і площею листкової поверхні. За даних умов зростання, спостерігається максимальний квантовий вихід електронного транспорту ФС II, зростає частка відкритих РЦ ФС II, а відповідно знижується рівень нефотохімічного гасіння.

Молібден концентрацією у 120 мг/л хоча і не виявляє значного стимулюючого ефекту на пігментний комплекс листків квасолі, знижує рівень нефотохімічного гасіння хлорофілу. Концентрація 240 мг/л – вірогідно і рівномірно підвищує вміст хлорофілів *a* і *b*, а 360 мг/л – значно збільшує концентрацію хлорофілу *b* та основних каротиноїдів, що вказує на наявність стресу у рослин та доцільність позакореневого підживлення культури саме наномолібденом концентрації 240 мг/л.

Виокремлено групу параметрів флуоресценції хлорофілу *a*, що характеризують стан первинних процесів фотосинтезу у квасолі звичайної сорту Буковинка і пов'язані із збільшенням її вегетативної маси. Оскільки, параметри  $F_{PSII}$ ,  $\phi NPQ$ , SPAD чутливі до дії йонів досліджуваного металу під час позакореневого внесення, вони можуть бути використані, як тест для експрес-оцінки стану рослини за довготривалою дії молібдену.

1. Адамень Ф. Ф. Нанотехнології в аграрній сфері / Ф. Адамень // Вісник НАН України. — 2007. — № 9. — С. 15—17.
2. Біологічний азот : монографія / В. П. Патики, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін.; За ред. В. П. Патики. — К. : Світ, 2003. — 424 с.
3. Буркин И. А. Физиологическая роль и сельскохозяйственное значение молибдена / И. А. Буркин. — М. : Наука, 1968. — 296 с.
4. Векірчик К. М. Фізіологія рослин : практикум / Векірчик К. М. — К. : Вища школа, 1984. — 241 с.
5. Гапоненко В. И. Влияние внешних факторов на метаболизм хлорофилла / В. И. Гапоненко. — Минск: Наука и техника, 1986. — 240 с.
6. Гольцев В. Н. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла *a* — теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений / В. Н. Гольцев, Х. М. Каладжи, М. А. Кузманова, С. И. Аллахвердиев. — М.-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2014. — 220 с.
7. Городній М. М. Агрохімія: підруч. / М. М. Городній. — 4-те вид., переробл. та доповн. — К. : Арістей, 2008. — 936 с.
8. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунту / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2003. — 320 с.
9. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д. Ю. Корнеев. — К. : Альтерпрес, 2002. — 187 с.
10. Коць С. Я. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Я. Коць, Н. В. Петерсон. — 2-е вид., переробл. і допов. — К. : Логос, 2009. — 184 с.
11. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві / [Ситар О. В., Новицька Н. В., Таран Н. Ю. та ін.] // Фізика живого. — 2010. — Т.18, № 3. — С.113—116.
12. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. — К. : Наукова думка, 1976. — 333 с.
13. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / [Т.М. Шадчина, Б. І. Гуляєв, Д. А. Кірізії та ін.]. — К. : Фітосоціоцентр, 2006. — 384 с.
14. Таран Н. Ю. Каротиноїди фотосинтетичних тканин за умов посухи / Н. Ю. Таран // Физиология и биохимия культ. растений. — 1999. — Т. 31, № 6. — С. 414—422.
15. Фотосинтетична діяльність посівів сої на чорноземах типових / С. М. Каленська, Н. В. Новицька, Д. В. Андрієць, О. М. Холодченко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія. — 2011. — Вип. 162, Ч. 1. — С. 82—89.
16. Шитиков В. К. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг. — Тольятти : Кассандра, 2014. — 314 с.
17. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. — Л. : Наука, 1974. — 325 с.
18. Vambara S. The potential roles of lime and molybdenum on the growth, nitrogen fixation and assimilation of metabolites in nodulated legume: A special reference to *Phaseolus vulgaris* L. [Електронний документ] / Sylvie Vambara, Patrick A. Ndakidemi // African Journal of Biotechnology. — 2010. —



- Vol. 8 (17). – P. 2482–2489. Режим доступу: <http://www.academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/D3A4A4B21341>.  
Перевірено: 20.01.2017.
19. *Biological nitrogen fixation by common beans (Phaseolus vulgaris L.) increases with bio-char additions* [Електронний документ] / Marco A. Rondon, Johannes Lehmann, Juan Ramírez, Maria Hurtado // *Biology and Fertility of Soils*. — 2007. — Vol. 43. — P. 699–708. — Режим доступу до журн.: <https://www.researchgate.net/publication/200736491>. Перевірено: 22.11.2016.
  20. *Brodrick S. J. Molybdenum reserves of seed, and growth and N<sub>2</sub> fixation by Phaseolus vulgaris L.* [Електронний документ] / Stephanie J. Brodrick, M. K. Sakala, Kenneth E. Giller // *Biology and Fertility of Soils*. — 1992. — Vol. 13. — P. 39–44. — Режим доступу до журн.: <https://www.researchgate.net/publication/238360709>. Перевірено: 22.01.2017.
  21. *Elkhatib H. A. Growth and yield of common bean (Phaseolus vulgaris L.) in response to Rhizobium inoculation, nitrogen and molybdenum fertilization* [Електронний документ] / Elkhatib H. A. // *Alexandria Science Exchange Journal* — 2009. — Vol. 30, № 2. — P. 319–332. — Режим доступу до журн.: <http://alexexch.org/File/2009003002/En/2070.pdf>. Перевірено: 21.01.2017.
  22. *MultispeQ Beta: a tool for large-scale plant phenotyping connected to the open PhotosynQ network* [Електронний документ] / Sebastian Kuhlger, Greg Austic, Robert Zegarac et al // *R. Soc. open sci.* — 2016. — Vol. 3, №10. — Режим доступу до журн.: <http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/3/10/160592>. Перевірено: 22.01.2017.
  23. *Sozer N. Nanotechnology and its applications in the food sector* [Електронний документ] / Sozer N., Kokini J. L. // *Trends Biotechnology*. — 2009. — Vol. 27, № 2. — P. 82–89. — Режим доступу до журн.: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19135747>. Перевірено: 22.11.2016.
  24. *The role of molybdenum in agricultural plant production* [Електронний документ] / Kaiser B. N., Gridley K. L., Brady J. N. et al // *Ann. Bot.* — 2005. — Vol. 96, № 5. — P. 745–754. — Режим доступу до журн.: <http://aob.oxfordjournals.org/content/96/5/745.full.pdf+html>. Перевірено: 22.01.2017.

*А. И. Герц, А. Б. Конончук*

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

#### ІЗМЕНЕНІЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ *PHASEOLUS VULGARIS* L. ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОМОЛИБДЕНА

Исследовано в грунтовой вегетационной культуре влияние внекорневой подкормки растений фасоли обыкновенной сорта Буковинка различными концентрациями молибденового нанопрепарата.

Определено, что концентрация наномолибдена 240 мг/л стимулирует увеличение массы сырого вещества надземной части растений, прежде всего, за счет увеличения площади и массы листьев.

Внекорневая подкормка растений молибденом влияет на содержание фотосинтетических пигментов листа. Обнаружен максимальный рост хлорофилла *b* и основных каротиноидов после применения раствора с концентрацией 360 мг/л – на 36,2% и 39,3%, что может указывать на формирование фотосинтетическим аппаратом защитной реакции в ответ на стресс. Микроэлемент в концентрации 240 мг/л достоверно и равномерно повышал содержание хлорофиллов *a* и *b* на 18,4% и 18,5%, что указывает на целесообразность применения для внекорневой подкормки культуры именно этого раствора. Влияние молибдена в концентрации 120 мг/л на листовые пигменты статистически недостоверно в сравнении с контролем.

В работе, с целью обоснования морфо-физиологических различий обусловленных действием ионов молибдена, осуществлена оценка состояния ФС II в *P. vulgaris* методом индуцированной флуоресценции хлорофилла *a*.

Благодаря корреляционному анализу определены ряд параметров, а именно: относительное содержание хлорофилла (SPAD), эффективность фотохимии (ФПСII), индекс жизнеспособности (Rfd), которые положительно коррелируют ( $r = 0,51-0,53$ ) с увеличением вегетативной массы растений, тогда как рост нефотохимических процессов фNPQ ( $r = -0,50$ ) в ФС II, снижают фотосинтетическую продуктивность растений.

Выяснено, что ФПСII, фNPQ, часть реакционных центров ФС II, которые находятся в открытом состоянии (qL), SPAD и Rfd чувствительны к изменению концентрации наномолибдена в растворе ( $P < 0,05$ ) для внекорневой подкормки растений.

Подтверждено, что концентрация наномолибдена 240 мг/л положительно влияет на первичные процессы фотосинтеза. При таких условиях, на фоне высокого содержания хлорофиллов в листьях *P. vulgaris*, увеличивается часть освещения, которая реализуется через фотохимические процессы, существенно снижается уровень квантового выхода нефотохимического тушения флуоресценции (фNPQ).

Концентрация наномолибдена 360 мг/л в растворе для внекорневого применения приводит к росту квантового выхода нефотохимического тушения, что свидетельствует о фотоингибировании ФС II.

*Ключевые слова:* фасоль обыкновенная, *Phaseolus vulgaris* L., молибден, рост, хлорофилл, флуоресценция, индукция флуоресценции хлорофилла, нефотохимическое тушение, эффективность фотохимии ФС II

A. I. Herts, O. B. Kononchuk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

#### CHANGE OF PARTICULAR PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF *PHASEOLUS VULGARIS* L. PLANTS BY DIFFERENT CONCENTRATION OF NANOMOLYBDENUM

Molybdenum plays an important role in many physiological processes of plants as a part of more than twenty enzymes. First of all, this trace element influences the nitrogen metabolism of plants as a component of nitrate reductase, nitrogenase, activates the amination and transamination reaction required for the synthesis of leghemoglobin etc., which is especially important for legumes [5].

To increase its effectiveness molybdenum can be used in the form of nanopreparations, which have significantly higher biological reactivity compared to conventional micro fertilisers due to the longer and more active penetration of the active ingredient from nanoparticles into plants and its less phytotoxic influence [2].

The purpose of our study was to find out the most effective concentration of nanomolybdenum preparation by F. D. Ovcharenko Institute of Biocolloidal Chemistry) for foliar feeding of a plant.

Bukovynka cultivar of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) growing in the greenhouse (in the stage of the first true leaves) has been used in the experiments. Plants were sprayed with aqueous solutions of molybdenum in concentrations of 120, 240 and 360 mg/l (respectively Mo<sub>120</sub>, Mo<sub>240</sub>, Mo<sub>360</sub>) or with the distilled water (control).

After treatment of the plant with molybdenum concentration of 240 mg/l the mass of above-ground parts of plants significantly increased by 128.4% and by 46.3% and 39.7% for the concentration of 120 and 360 mg/l respectively. A similar trend was found with the increased weight of fresh leaves, by 172.4%, 48.3% and 42.4% (control – 2.03 ± 0.19) and their total area – by 64.0%, 29.6% and 22.8% compared to the control (176.7 ± 16.8 cm<sup>2</sup>).

Spectrophotometric determination of chlorophyll *a* amount in leaves showed its highest increase in the alteration Mo<sub>240</sub> – by 18.4% compared to controls (70.0 ± 1.5 mg / 100 g of fresh weight); after treatment of plants by concentrations of 120 and 360 mg/l the amount of chlorophyll *a* increased by 6.3% and 10.0% respectively. Increased chlorophyll *b* and basic kinds of carotenoids were significant after applying the maximum concentration of molybdenum (360 mg/l) – by 36.2% and 39.3% compared to the control (155.4 ± 2.7 mg/100 g of fresh weight). Molybdenum concentration of 240 mg/l induced the increase of the amount of these pigments by 18.5% and 5.3%, and the concentration of 120 mg/l – by 4.2% and 7.0% before control, respectively.

All these changes can indicate certain peculiarity of plant metabolism reaction to molybdenum and the possible negative effect of high concentration of the microelement in 360 mg/l. Since it is known that the increase of plant carotenoids plays an important role in the formation of the protective mechanisms of photosynthetic apparatus against adverse factors.

In order to justify the above mentioned morphological and physiological differences, the condition of PS II of beans was estimated by a method of induced fluorescence of chlorophyll *a*.

Correlation matrix of fresh weight of above-ground parts of plant, areas of leaf plates and fluorescence parameters of chlorophyll *a* allow to distinguish a few parameters as follows: relative chlorophyll content (SPAD) [4], Φ<sub>PSII</sub> [3], the vitality index (Rfd) [1], as the parameters that positively correlate with the increase of the vegetative weight of plants – the correlation coefficient is 0.51-0.53.

It has been found out that the increase in weight of above-ground parts of plants, the weight and area of leaf surface is caused by chlorophyll amount and the level of quantum yield of electron transport in photosystem II. The increase of nonphotochemical quenching ( $\phi$ NPQ) ( $r = -0.50$ ) in PS II [4] reduces the photosynthetic productivity of plants.

To estimate the impact of different concentrations of molybdenum ions on parameters characterizing the state of PS II the one-way ANOVA test was conducted along with application of Tukey's test.

It was found that  $\Phi_{PS II}$ ,  $\phi$ NPQ, the fraction of PSII centres that are open (qL) [1, 3-4], the relative chlorophyll content (SPAD) and the vitality index (Rfd) are sensitive ( $P < 0.05$ ) to changes in the nanomolibdenum concentration in the solution for foliar feeding of plants.

It is worth mentioning that nanomolibdenum concentration of 240 mg / l has a positive effect on the primary processes of photosynthesis. Under such condition, the portion of light for *Phaseolus vulgaris*, which is realised through photochemical processes, has increased as evidenced by the parameter of PSII, and the level of the quantum yield of nonphotochemical quenching ( $\phi$ NPQ) has significantly reduced.

Nanomolibdenum concentration of 360 mg/l in the solution for foliar feeding of plants, reduces the Fm'-level of fluorescence. As a result, the role of nonphotochemical way of quenching the light energy increases. Thus, through inhibition of photosynthetic efficiency of photosystem II and the increasing role of nonphotochemical way of light energy transformation by the plant it is not appropriate to raise the concentration of nanomolibdenum from 240 mg/l to 360 mg/l.

Thus, nanomolibdenum with the concentration of 240 mg/l has the maximum stimulating effect in terms of accumulation of fresh weight of the above-ground parts of plants, area of leaf surface and the content of chlorophyll a and b for Bukovynka cultivar of beans.

We received a number of chlorophyll *a* fluorescence parameters, which show not only short-term but also long-term after-effect of molybdenum on photosynthetic activity of the beans.

A group of parameters of chlorophyll *a* fluorescence that can be used for the rapid estimation of long-term effect of microelements has been singled out.

*Keywords: common bean, Phaseolus vulgaris L., molybdenum, growth, chlorophyll, fluorescence, induction of chlorophyll fluorescence, non-photochemical quenching, efficiency of photosystem II photochemistry*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 23.02.2017

УДК 574.3+579.834

В. В. ГУЛАЙ

Кіровоградський державний педагогічний університеті імені Володимира Винниченка  
вул. Шевченка, 1, Кіровоград, 25006

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЗАЄМОДІЙ МІЖ ПРЕДСТАВНИКАМИ КЛАСУ ПАПОРОТЕПОДІБНІ ТА ПАТОГЕННИМИ ЛЕПТОСПІРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ**

Природні вогнища лептоспірозів приурочені до прісних водойм та прилеглих ділянок перезволожених земель. Фоновими видами класу Папоротеподібні (*Polypodiopsida*) у фітоценозах перезволожених земель західного Лісостепу України є: щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas L.*) та теліптерис болотяний (*Thelypteris palustris L.*)

Досліджували вплив продуктів розкладу та прижиттєвих виділень чоловічої папороті та теліптериса болотяного на культури спірохет *Leptospira interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*. Змиви з листків живих папоротей одержували способом імітації дії невеликого дощу. Кореневі виділення отримували з відібраних екземплярів папоротей, які утримували у скляних ємностях з водою для загоювання пошкоджених ділянок коренів.

Алелопатична активність рослин відносно патогенних лептоспір випробовувалась нами у розведенні 1:1000.

Інокуляти культур спірохет відбирались з однієї «материнської» культури, що забезпечувало однаковий початковий вміст спірохет у досліді та контролі. Зберігались зразки при кімнатній температурі +18...+22°C в умовах лабораторії. Через 24 години визначався та порівнювався вміст спірохет у піддослідних групах зразків.

Прижиттєві виділення (дифузати кореневищ та змиви з листків) щитника чоловічого та теліптериса болотяного пригнічують в сильному та помірному ступені *in vitro* культури патогенних лептоспір серологічного варіанту *Icterohaemorrhagiae*. Речовини, що були виділені з відмерлого листа, зазначених видів папоротей також проявляли токсичний вплив на спірохет, але в меншому ступені. Ділянки перезволожених земель, на яких ростуть представники класу папоротевиді є несприятливими для тривалого існування патогенних лептоспір *Leptospira interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*.

*Ключові слова:* щитник чоловічий, теліптерис болотяний, патогенні лептоспіри, прижиттєві виділення, продукти розкладу

Спірохети виду *Leptospira interrogans* відомі як збудники лептоспірозів –небезпечних захворювань людей та тварин. Переважно водний шлях передачі роблять патогенних лептоспір одними з найбільш небезпечних інфекційних агентів. Природні вогнища лептоспірозів приурочені до прісних водойм та прилеглих ділянок перезволожених земель. Здатність збудника лептоспірозу тривалий час зберігатись в об'єктах зовнішнього середовища – воді відкритих водойм, ґрунтах насичених вологою доведена чисельними дослідженнями [1, 2, 3, 6]. Однак, особливості екологічних взаємодій патогенних лептоспір з чисельними представниками біоти, які можуть значною мірою визначати тривалість перебування збудників лептоспірозу в об'єктах зовнішнього середовища, вивчені вкрай недостатньо. Особливо це стосується взаємодій з різноманітними видами рослин, здатність яких помітно впливати на формування угруповань водних та ґрунтових мікроорганізмів широко відома.

Фоновими видами класу Папоротеподібні (*Polypodiopsida*) у фітоценозах перезволожених земель західного Лісостепу України є: щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* L.) та теліптерис болотяний (*Thelypteris palustris* L.) – це багаторічні рослини, які завдяки вегетативному розмноженню кореневищами часто формують густі зарості [8]. Нами поставлено мету з'ясувати та оцінити вплив на популяції *L. interrogans* прижиттєвих виділень, а також продуктів розкладу залишків щитника чоловічого та теліптериса болотного.

### Матеріал і методи досліджень

Досліджували вплив продуктів розкладу та прижиттєвих виділень чоловічої папороті та теліптериса болотяного на культури спірохет *Leptospira interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*.

Рослини для досліджень відбирали з природних стацій зростання – перезволожених земель у заплаві р. Мшанець в околицях смт. Наркевичі Волочиського району Хмельницької області. Змиви з листків живих папоротей одержували способом імітації дії невеликого дощу. Кореневі виділення отримували з відібраних екземплярів папоротей, які утримували у скляних ємностях з водою для загоювання пошкоджених ділянок коренів. За умов природної зміни температури та коливань освітленості рослини утримувались впродовж 5 діб. Після цього відбирали проби розчину для біотестування [4].

Після завершення вегетації відмерлі вайї папоротей збирались у природних умовах. В лабораторії до наважки взятого при природній вологості матеріалу додавали дистильовану воду у співвідношенні 1:10 за масою. Екстрагований матеріал не подрібнювався і зберігався

при температурах +12...+16°C. Через 5 діб з ємності відбирались проби для проведення біотестів [4].

У дослідженнях використовували культури музейних штамів *L. interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*. При відборі культур основна увага приділялась відсутності явищ самоаглоїтинації та лізису клітин, а також достатній кількості лептоспир в середовищі – в межах  $3 - 10 \times 10^6$  /см<sup>3</sup> [5].

Щільність популяцій *L. interrogans* у дослідних та контрольних зразках визначали методом прямого підрахунку лептоспир у певному об'ємі [7].

Для проведення експериментальних досліджень з метою встановлення характеру і ступеня впливу прижиттєвих виділень та продуктів розкладу вегетативних частин папоротей на *L. interrogans* формувались дві групи зразків: дослідні та контрольні. Дослідні зразки містили 0,4 мл стерильного розведеного розчину з біологічно-активними виділеннями рослин в який вносили 0,1 мл культур патогенних лептоспир. Контрольні зразки містили аналогічні співвідношення стерильної дистильованої води та культур лептоспир. Для усунення сторонньої мікрофлори проводилась холодна стерилізація змивів та водних витяжок рослин методом фільтрації через целюлозні фільтри з діаметром пор  $\leq 0,2$  мкм.

Алелопатична активність рослин відносно патогенних лептоспир випробовувалась нами у розведенні 1:1000.

Інокуляти культур спірохет відбирались з однієї «материнської» культури, що забезпечувало однаковий початковий вміст спірохет у досліді та контролі. Зберігались зразки при кімнатній температурі +18...+22°C в умовах лабораторії. Через 24 години визначався та порівнювався вміст спірохет у піддослідних групах зразків. В процесі аналізу та інтерпретації результатів досліджень використовували критерії оцінки характеру та ступеня впливу рослинності на патогенних лептоспир [5].

### Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз даних одержаних в результаті проведених досліджень дає підставу стверджувати, що прижиттєві виділення та продукти розкладу відмерлих частин обох видів папоротей здійснюють пригнічуючий вплив на популяції *L. interrogans* (табл.1, 2).

Таблиця 1

Вплив виділень щитника чоловічого на культури патогенних лептоспир серотипу *Icterohaemorrhagiae* (p<0,001)

№ досліду	Щільність культури патогенних лептоспир, млн. кл / мл					
	кореневі виділення		листові змиви		опад	
	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль
1	23,0	35,5	12,5	41,0	10,5	21,5
2	21,5	39,0	19,0	31,5	19,5	22,0
3	20,0	36,5	18,5	37,5	16,0	20,5
4	27,0	38,0	14,5	30,0	15,5	25,5
5	14,5	42,0	16,5	32,5	14,5	19,5
6	25,5	37,5	17,0	34,5	16,0	25,0
7	19,5	34,0	21,0	40,0	18,5	23,5
8	26,0	40,5	20,5	37,5	16,0	21,5
9	28,5	39,0	19,0	38,0	17,5	22,0
10	23,0	38,5	17,5	36,0	15,0	24,5
11	20,5	40,0	14,5	31,5	14,5	21,5
12	21,0	37,0	13,0	32,5	18,0	22,0
13	19,0	39,5	15,5	34,0	13,5	20,5
14	24,5	41,5	16,5	33,0	16,5	23,0
15	22,0	38,0	16,0	30,0	17,0	21,5
M	22,4	38,4	16,8	34,6	15,9	22,3
σ	3,6	2,2	2,5	3,5	2,2	1,7
m	1,0	0,6	0,7	0,9	0,6	0,5
t	13,8		15,6		8,2	

У найбільшій мірі пригнічення було виражене з боку прижиттєвих виділень щитника чоловічого – щільність популяції спірохет у дослідних зразках становила 48,6% від контролю (100%), в той час як кореневі дифузати проявляли дещо менший вплив – 58,3% відповідно. Щодо впливу виділень отриманих з відмерлих частин цієї папороті, то щільність спірохет після проведення досліджень становила 71,3% від контролю.

Меншою мірою інтенсивність негативного впливу проявляли прижиттєві виділення та змиви з відмерлих частин теліптериса болотяного. Щільність популяції *L. interrogans* у взаємодії з листовими змивами цієї папороті по закінченню дослідів становила 59,3% порівняно з контролем, а з корневими дифузатами – 63,6% відповідно. Щодо впливу відмерлих частин цієї рослини на щільність популяції піддослідних мікроорганізмів, то вона складала 81,9 % порівняно з контролем.

Таблиця 2

Вплив виділень теліптериса болотяного на культури патогенних лептоспір серотипу *Icterohaemorrhagiae* ( $P < 0,001$ )

№ дослідів	Щільність культури патогенних лептоспір, млн. кл / мл					
	кореневі виділення		листові змиви		опад	
	дослід	контроль	дослід	контроль	дослід	контроль
1	7,5	19,0	12,5	14,5	15,5	22,0
2	8,5	18,5	9,5	15,5	13,0	23,0
3	11,5	20,0	10,0	17,5	19,5	21,5
4	10,5	15,0	13,0	18,0	16,5	20,0
5	12,0	16,5	8,5	22,5	18,0	24,0
6	11,5	13,5	12,0	17,5	15,0	19,5
7	10,0	15,5	11,5	16,0	17,5	20,5
8	12,5	19,5	9,5	19,0	14,0	18,5
9	11,0	14,0	9,0	16,5	15,5	15,5
10	9,0	18,0	10,5	21,5	16,0	19,0
11	12,0	17,5	11,0	15,5	19,5	16,5
12	11,5	13,5	9,0	16,0	15,0	17,0
13	10,0	15,5	9,5	17,0	15,5	18,5
14	9,5	16,5	10,0	18,5	17,0	21,0
15	11,0	15,5	11,5	20,0	16,5	22,0
M	10,5	16,5	10,5	17,7	16,3	19,9
σ	1,4	2,1	1,4	2,3	1,8	2,4
m	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	0,7
t	6,9		10,0		4,2	

Як видно з результатів досліджень, у відмерлих листках папоротей вміст біологічно-активних речовин, що обумовлюють токсичний вплив на культури патогенних лептоспір знижується. Найбільше пригнічення *L. interrogans* спостерігається при взаємодії з листовими змивами та корневими дифузатами папоротей. Виділення з листків виявились у 1,1-1,2 рази більш токсичними для лептоспір ніж виділення з кореневищ піддослідних видів папоротей.

**Висновки**

1. Прижиттєві виділення представників класу папоротевидні здійснюють виразний негативний вплив на культури патогенних лептоспір. У найбільшій мірі популяції *L. interrogans* пригнічувались у зразках, що містили змиви з листків папоротей.
2. Речовини, які містилися у відмерлих листках папоротей також проявляли токсичну дію на культури лептоспір, але інтенсивність впливу була меншою порівняно з прижиттєвими виділеннями.

3. Ділянки перезволожених земель на яких зростають представники класу папоротевидні, зокрема теліптерис болотяний та щитник чоловічий є несприятливими для тривалого існування патогенних лептоспир *Leptospira interrogans* серовару *Icterohaemorrhagiae*.
1. *Ананьин В. В.* Природная очаговость лептоспирозов / В.В. Ананьин // Зоологический журнал. — 1954. — Т. 32. — Вып. 2. — С. 331—340.
2. *Голубев В. П.* О механизме поддержания заражающей способности почвы в природном очаге лептоспироза / В.П. Голубев, В.Ю. Литвин // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 1983. — № 10. — С. 43—45.
3. *Григорьев И. И.* Выживаемость лептоспир в гидкостях / И.И. Григорьев // Военно-медицинский журнал. — 1952. — № 9. — С. 71—72.
4. *Гродзінський А. М.* Основи хімічної взаємодії рослин / А.М. Гродзінський — К.: Наукова думка, 1973. — 205 с.
5. *Гулай О. В.* Вивчення біоценотичних зв'язків лептоспир з водними рослинами: Методичні рекомендації / О.В. Гулай — Дніпропетровськ: ВФК "Оксамит-Прес", 2004. — 14 с.
6. *Мусаев М. А.* Лептоспироз крупного рогатого скота / М.А. Мусаев. — М.: Сельхозгиз. — 1959. — 378 с.
7. *Самострельський А. Ю.* Метод прямого счёта лептоспир в определенном объёме / А.Ю. Самострельський // Лабораторное дело. — 1966. — № 2. — С. 105—108.
8. *Чорна Г. А.* Рослини наших водойм. Атлас-довідник / Г.А. Чорна — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 134 с.

*В. В. Гулай*

Кировоградский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко

**ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ КЛАСА ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ И ПАТОГЕННЫМИ ЛЕПТОСПИРАМИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Прижизненные выделения (дифузаты корневищ и смывы с листьев) щитовника мужского и теліптериса болотного угнетают в сильной и умеренной степени *in vitro* культуры патогенных лептоспир серологического варианта *Icterohaemorrhagiae*. Вещества, выделенные из мертвых листьев, обозначенных видов папоротников так же имеют токсическое влияние на спирохет, но в меньшей степени. Участки переувлажненных земель, на которых произрастают представители класса папоротниковидные есть неблагоприятными для длительного существования патогенных лептоспир *Leptospira interrogans* серовара *Icterohaemorrhagiae*

*Ключевые слова: теліптерис болотный, щитовник мужской, патогенные лептоспиры, прижизненные выделения, продукты распада (разложения)*

*V. V. Hulai*

Vynnychenko State Pedagogical University, Kirovograd, Ukraine

**PECULIARITIES OF ECOLOGICAL INTERACTIONS AMONG REPRESENTATIVES OF CLASS POLYPODIOPSIDA AND PATHOGENIC LEPTOSPIRES IN THE CONDITIONS OF WETLAND TERRITORIES.**

Natural hearths of leptospirosis disease are confined to freshwaters and adjacent areas of wetlands. *Dryopteris filix-mas L.* and *Thelypteris palustris L.* are widespread species which belong to class *Polypodiopsida*.

We investigated the influence of lifetime secreted substances which were received from decomposed dead leaves of ferns on cultures of pathogenic leptospires (serological variant *Icterohaemorrhagiae*). We received exudates from alive leaves of ferns by the imitation of light rain. Diffusion substances of rhizomes were received from specimens of ferns which were kept in water containers where plants healed parts of damaged roots.

Allelopathic activity of plants regarding pathogenic leptospira was tested at a dilution of 1: 1000.

Inoculums of spirochetes culture were chosen from one culture. That provided equal initial contents of spirochetes in research's and controls groups. The samples were stored at 18 - 20 degrees

above 0 in laboratory. Spirochetes contents in the experimental samples were determined and compared after 24 hours.

Lifetime secretes (diffusions substances of rhizomes and washing from alive leaves) of *D. filix-mas* and *T. palustris* repress in vitro cultures of pathogenic leptospires (serological variant *Icterohaemorrhagiae*). Substances which were received from decomposed dead leaves of ferns had a toxic influence on spirochetes, but to a lesser extent. Parts of wetland territories, where species of class Polypodiopsida grow adverse for long-term existence of pathogenic leptospires (serological variant *Icterohaemorrhagiae*).

*Keywords: Dryopteris filix-mas, Thelypteris palustris, pathogenic leptospires, lifetime secretes, substances of decomposed dead leaves*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 14.12.2016

УДК 579.887

К. С. КОРОБКОВА, Т. В. ЗАТОВСЬКА

Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України  
вул. Заболотного, 154, Київ, 03680

## **ВПЛИВ РИЗОБІЙ НА ПРОЯВ МІКОПЛАЗМОВОЇ ІНФЕКЦІЇ ЛЮЦЕРНИ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ**

В умовах мікровегетації досліджено вплив азотфіксуючих бульбочкових бактерій на рослини люцерни, інфіковані молікутами, а саме, проведено морфологічне порівняння зразків *M. sativa* відповідно різних комбінацій інфікування ахолоплазмами і ризобіями. Встановлено, що утворення симбіотичних зв'язків рослин люцерни із *R. meliloti* 425a сприяє покращенню стану рослин і ослабленню негативного впливу на них з боку фітопатогенних молікутів.

*Ключові слова: молікути, фітопатогенні ахолоплазми, ризобії, симбіоз*

Серед основних культур, які мають першочергове значення в зміцненні кормової бази і збільшенні виробництва рослинного білку, *Medicago sativa* займає провідне місце. Проте люцерна належить до числа культур, які значно пошкоджуються як шкідниками, так і хворобами. Одною з найбільш розповсюджених і шкодочинних хвороб люцерни на території колишнього СРСР є «відьмина мітла», для якої встановлено мікоплазмову етіологію [2]. Фітопатогенні мікоплазми, порушуючи основні ланки рослинного метаболізму, завдають істотної шкоди продуктивності культурних рослин, яка може знижуватися від 30 до 90%. Уражені рослини характеризуються карликовістю, здрібненням листя, дрібноплідністю, наявністю «відьминих мітел» [1]. Залишається нез'ясованим роль біологічних властивостей збудників мікоплазмозу і розвитку хвороб рослин на рівні від тканин до цілого організму.

Ґрунтові бактерії род. *Rhizobiaceae* (бульбочкові бактерії) вступають у симбіоз із бобовими рослинами, утворюючи бульбочки на коренях рослин, де відбувається фіксація атмосферного азоту. Це призводить до підвищення продуктивності рослин, що є підставою для використання культур цих мікроорганізмів у сучасному органічному землеробстві. Симбіонтами люцерни є бульбочкові бактерії *Rhizobium meliloti* [3].

Оскільки ефективних засобів боротьби із фітопатогенними молікутами не існує, представляє інтерес встановлення шляхів мінімізації шкідливого впливу цих мікроорганізмів на культурні рослини. Метою проведених досліджень було вивчення взаємодії збудників мікоплазмозу із люцерною посівною і симбіотичними мікроорганізмами – представниками ризобій.



### Матеріал і методи досліджень

З музею культур Національної колекції мікроорганізмів України Інституту мікробіології і вірусології НАН України було отримано штами представників родини *Acholeplasmataceae* - *Acholeplasma laidlawii* PG-8 - типовий штам, і *A.laidlawii var.granulum* 118 – фітопатогенний штам, збудник блідо-зеленої карликовості зернових культур. Культивування ахолеплазм здійснювали на поживному середовищі СМ ІМВ-72 [4]. Крім того, для досліджень було обрано типовий ефективний штам *R.meliloti* 425a (ВІЗР, Санкт-Петербург). У дослідах використовували насіння люцерни *M. sativa* сорту Синюха.

Дослідження виконували в умовах мікровегетаційного досліду з використанням середовища Красильнікова-Кореняко із наступним внесенням інокулюму ризобій. Спираючись на сучасні дані літератури про властивість ахолеплазм потрапляти у рослину-мішень кореневим шляхом, нами було проведено точкове зараження кореневої зони дослідних рослин в стерильних умовах. Ростові процеси відбувалися в умовах лабораторії – природного освітлення і при температурі 16-18°C.

### Результати досліджень та їх обговорення

В ході виконання досліджень нами було вивчено, як впливають представники азотфіксуючих бактерій *R.meliloti* на рослини, інфіковані різними штамми ахолеплазм, а саме – проведено морфофізіологічне порівняння зразків *M.sativa* відповідно різних комбінацій інфікування ахолеплазмами і ризобіями. Встановлено, що інокуляція ризобіями стерильних рослин сприяла їх розвитку (табл. 1).

Таблиця 1

Симбіотична ефективність *R.meliloti* 425a у мікровегетаційних дослідах в стерильних умовах і з інфікуванням ахолеплазмами

No варіанту	Маса рослин, мг/ пробірку	
	З інокуляцією <i>R.meliloti</i> 425a	без інокуляції
1.	Без інфікування ахолеплазмами	
	11,2 ± 1,7	7,9 ± 1,7
2.	З інфікуванням <i>A. laidlawii</i> PG-8	
	12,0 ± 2,2	9,2 ± 1,7
3.	З інфікуванням <i>A. laidlawii var.granulum</i> 118	
	9,8 ± 1,4	8,9 ± 1,3

Показано, що внесення у симбіотичну систему чистих культур ахолеплазм через 2 тижні призводило до таких результатів: у випадку *A. laidlawii* PG-8 маса рослин майже не змінювалася, а у варіанті з *A. laidlawii var.granulum* 118 дещо знижувалася, що свідчить про згубний вплив цього штаму. Цікаво, що у варіанті без ризобій з інфікуванням ахолеплазмами спостерігався невеликий стимулюючий ефект. Ці результати узгоджуються з даними літератури, де показано стимулюючий вплив ахолеплазм на рослини томатів на ранніх етапах зараження в модельних умовах [5].

Також було проведено вимірювання вегетативних органів люцерни при внесенні ризобій і інфікуванні ахолеплазмами (табл. 2). Вимірювання довжини рослин показало, що у випадку інфікування ахолеплазмами цей показник перевищував контрольні показники у 1,6 разів, при цьому спостерігалось збільшення кількості листків відносно контролю.

Попереднє внесення ризобій певним чином стримувало ці процеси. Істотної різниці між штамми ахолеплазм щодо впливу на рослини не зафіксовано. У заражених проростків спостерігали потовщення стебла, збільшення кількості листків, ширини листових пластин.

Вплив ахлеплазм на ріст і розвиток рослин люцерни в стерильних умовах і в симбіозі з *R. meliloti* 425a

Варіант	Біометричні показники			
	Довжина рослини, см	Кількість листків	Довжина листка, мм	Ширина листка, мм
Стерильні рослини	5,3	5.2	5.0	4.1
Інокульовані ризобіями	5.6	6.1	6.2	4.2
Інокульовані ризобіями і <i>A. laidlawii</i> PG-8	6.0	6.6	7.0	4.5
Інокульовані ризобіями і <i>A. laidlawii</i> var. <i>granulum</i> 118	6.4	6.5	5.8	4.6
Інокульовані <i>A. laidlawii</i> PG-8	7.1	7.2	5.0	5.4
Інокульовані <i>A. laidlawii</i> var. <i>granulum</i> 118	7.6	7.3	4.8	4.4

Згідно даним літератури, збільшення ширини листків, тобто формування більш заокругленої листової пластинки, і підвищена кількість листків - характерні зовнішні ознаки прояву мікоплазмової інфекції (1,2). Застосування ризобіальної культури стримувало ці показники ближче до варіанту контролю. Крім того, було встановлено, що внесення культур мікроорганізмів на ранніх етапах не впливало на довжину і розгалуженість коренів.

#### Висновки

Отже, завдяки утворенню симбіотичних зв'язків люцерни із ефективним азотфіксуючим штамом бульбочкових бактерій і покращенню стану рослин ослаблюється негативний вплив на них з боку фітопатогенних молюсків.

1. Борхсениус С. Н. Микоплазми / Борхсениус С.Н., Чернова О.А., Чернов ВМ., Вонский В.М. — Санкт-Петербург: Наука, 2002. — 320 с.
2. "Ведьмина метла" карликовость люцерны (основные сведения о заболевании, методах изучения, мерах борьбы с ним) / [ Власов Ю.И., Самсонова Л.Н., Файзиева Г.А. и др.] — Саратов, 1990. — 90 с.
3. *Rhizobiaceae*: молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / под ред. Г.Спайк, А.Кондорози, П.Хукас. — Санкт-Петербург, 2002. — 568 с.
4. Скрипаль И. Г. Среда СМ ИМВ-72 для выделения и культивирования фитопатогенных микоплазм / Скрипаль И.Г., Малиновская Л.П. // Микробиол. журн. — 1984. — 46, № 2. — С. 71—75.
5. Ванькова А. А. Взаимодействие между микоплазмами (*A. laidlawii*) и растениями (*Medicago sativa* и *Lyc. esculentum* Mill) / Ванькова А.А., Иванов П.И., Мидяник Г.А., Серебренникова Л.А. // Известия ТСХА. — 2008. — Вып.1. — С. 129—133.

Е. С. Коробкова, Т. В. Затовская

Институт микробиологии и вирусологии имени Д. К.Заболотного НАН Украины

#### ВЛИЯНИЕ РИЗОБИЙ НА ПРОЯВЛЕНИЕ МИКОПЛАЗМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ ЛЮЦЕРНЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В условиях микровегетации исследовано влияние азотфиксирующих клубеньковых бактерий на растения люцерны, инфицированные молликутами, а именно, проведено морфологическое сравнение образцов *M. sativa* при различных комбинациях инфицирования ахлеплазмами и ризобиями. Установлено, что образование симбиотических связей растений люцерны с

*R. meliloti* 425a способствует улучшению состояния растений и ослаблению негативного влияния на них со стороны фитопатогенных молликутов.

*Ключові слова:* молікути, фітопатогенні ахолеплазми, ризобії, симбіоз

*K. S. Korobkova, T. V. Zatovska*

D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, Ukraine

EFFECT OF RHIZOBIA ON THE MANIFESTATION OF MYCOPLASMA INFECTION IN ALFALFA UNDER LABORATORY CONDITIONS

Since effective means to fight phytopathogenic mollicutes are almost non-existent, there is a growing need to identify new ways to minimize the harmful effects of these microorganisms on crops. Therefore, the present study aimed to examine the interaction of extracellular vesicles of mycoplasma *Acholeplasma laidlawii* PG-8 and *A. laidlawii* var. *granulum* 118 with alfalfa plants (*Medicago sativa*) inoculated by symbiotic microorganisms of *Rhizobium meliloti* 425a.

The influence of nitrogen-fixing bacteria on alfalfa plants infected by mollicutes has been studied under conditions of micro-vegetation. In particular, the morphological comparison of *M. sativa* plant samples infected by acholeplasmas and rhizobia in various combinations was carried out. It should be noted that in the early stages of infection by *Acholeplasma laidlawii* cells the plants not inoculated by rhizobia displayed growth. Thus, the plants of alfalfa showed such effects of mycoplasmosis as yellowing, growing new leaves and their reshaping. The study demonstrated that the symbiotic relationships between alfalfa and *R. meliloti* 425a contributes to the improvement of plant state and reduces the negative effects of plant pathogenic mollicutes. In addition, the research proved that the introduction of microbial cultures in the early stages does not affect the length and branching of roots.

*Keywords:* mollicutes, plant pathogenic acholeplasma, rhizobia, symbiosis

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 03.02.2017

УДК 574.2:579.64:632:633.3(2):632.935

<sup>1</sup>В. П. ПАТИКА, <sup>2</sup>Л. В. КИРИЛЕНКО, <sup>2</sup>О. О. АЛЕКСЄЄВ, <sup>1</sup>О. М. ЗАХАРОВА, <sup>1</sup>Т. Т. ГНАТЮК

<sup>1</sup>Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України  
вул. Заболотного, 154, Київ, 03143

<sup>2</sup>Вінницький національний аграрний університет  
вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008

**ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ, ФІТОПАТОГЕННИХ  
МІКРООРГАНІЗМІВ НА МІКРОБІОМ ҐРУНТУ РИЗОСФЕРИ  
І ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНОЇ  
СИСТЕМИ БУЛЬБОЧКОВІ БАКТЕРІЇ – СОЯ, КОЗЛЯТНИК**

Козлятник східний та соя за вирощування без інокуляції ризобіофітом (препаратом бульбочкових бактерій) істотно впливають на формування ґрунтового мікробіому, при цьому у ґрунті відбувається зменшення його біомаси. Знижується чисельність спороутворюючих, олігонітрофільних і целюлозоруйнівних мікроорганізмів та рівень біологічної активності ґрунту, зокрема, інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> і поглинання O<sub>2</sub>, а також амоніфікуючої та нітрифікуючої активності. Певні зміни спостерігають і в динаміці чисельності мікроорганізмів,

що зумовлено своєрідністю перебігу процесів надходження і розкладання органічної речовини у варіантах з ризобіотом. Досліджено, що за умов жорсткого інфекційного навантаження окрім збільшення поширення та розвитку хвороби спостерігається зниження ефективності функціонування бобово-ризобіальної системи. Це призводить до пригнічення розвитку рослин, про що свідчить зниження надземної маси козлятнику східного та сої, їх якості, маси коренів порівняно з контрольним варіантом.

*Ключові слова:* козлятник, соя, мікробіом, біологічна активність ґрунту, бобово-ризобіальна система

Позитивна роль бобових культур у сільському господарстві тісно пов'язана з життєдіяльністю бульбочкових бактерій, з якими ці рослини знаходяться в тісних симбіотичних взаємовідносинах [4,5-7,9]. Можна вважати, що продуктивність зазначених культур, їх урожай, накопичення біологічного азоту і рослинного білка значною мірою залежать від того, який характер взаємовідносин цих двох організмів склався в кожному конкретному випадку [17, 18, 23-24]. За умови виникнення активного комплексу "бобова рослина – ризобії" утворюється корисне для обох організмів співіснування – симбіоз, в процесі якого енергія сонця використовується для зв'язування біологічним шляхом атмосферного азоту [30]. На рис.1 наведена відносна ефективність симбіозу в різних бобових культурах. Якщо говорити про козлятник східний, то його ефективність перевищує конюшину східну.

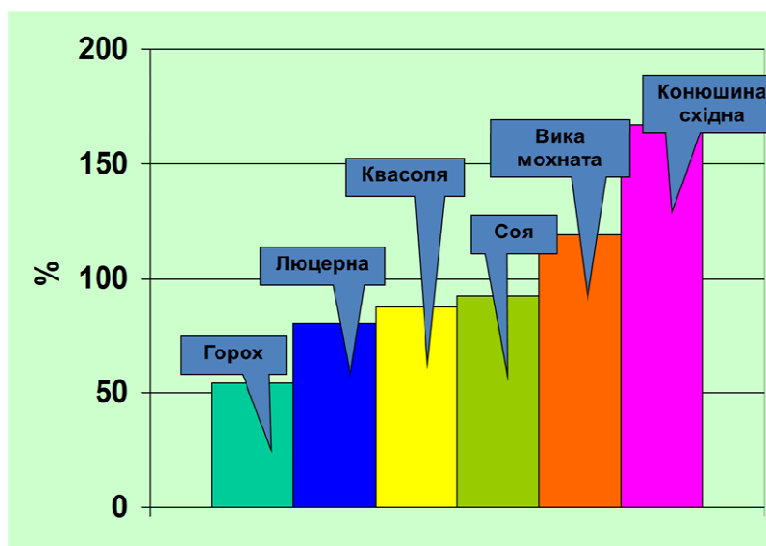


Рис. 1. Відносна ефективність симбіозу в різних бобових культурах [5]

Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури, зокрема, соя, козлятник (табл. 1) формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю більше 30% біологічно фіксованого азоту залишається в післяжнивних і кореневих залишках та використовується наступними культурами [1, 15, 16].

Таблиця 1

Розміри симбіотичної фіксації азоту і надходження біологічного азоту в ґрунти України [7]

Культури	Розміри азотфіксації, кг азоту/га/рік	Залишається азоту в ґрунті, кг/га	Еквівалентно нормі азотних добрив, кг/га
Зернобобові (горох, соя, вика тощо)	50–90	10–20	25–35
Багаторічні бобові трави (люцерна, конюшина, еспарцет, буркун, козлятник тощо)	90–380 і більше	60–120	120–250

Інокуляція насіння високоефективними штамми бульбочкових бактерій, одержаними в процесі селекційного відбору, дозволяє реалізувати до 15-50% симбіотичного азотфіксуючого потенціалу, а решта резерву може бути використана при оптимізації умов функціонування симбіозу.

Козлятник східний, як багаторічна бобова культура, здатний покращити екологічний стан екосистеми країни завдяки збагаченню ґрунту біологічним азотом, який засвоюється з атмосфери бульбочковими бактеріями у симбіозі з козлятником, нагромаджуючи понад 300 кг/га його в орному шарі за вегетаційний період [13, 14, 29]. Саме тому, для підвищення ефективності рослинно-мікробної взаємодії і урожайності бобових культур слід проводити аналітичну селекцію бульбочкових бактерій та бобових рослин [4, 5, 9, 10, 17, 22, 28].

Розв'язанню проблеми ефективності функціонування бобово-ризобіальної системи у різний час було приділено багато уваги [5, 10, 28, 31, 32]. На формування та функціонування бобово-ризобіального симбіозу величезний вплив мають абіотичні, біотичні та антропогенні фактори зовнішнього середовища. Серед біотичних особливу роль відіграють ґрунтові мікроорганізми, зокрема, фітопатогенні гриби, бактерії, які є збудниками хвороб козлятнику. Нагромаджуючись у ґрунті, вони спричиняють пригнічення росту рослин і знижують урожайність сільськогосподарських культур [3, 11, 20, 21, 25]. Проте, вплив фітопатогенних мікроорганізмів на азотфіксуючий потенціал козлятнику досліджено недостатньо.

Щоб підвищити резистентність рослин до впливу фітопатогенних мікроорганізмів, потрібно досконало вивчити і зрозуміти механізм взаємодії в системі бобові рослини – бульбочкові бактерії – фітопатогенні мікроорганізми, що дасть змогу навіть впливати на ці процеси, регулюючи їх, що значно покращить функціонування цієї системи.

Нині світова і вітчизняна тенденція ведення землеробства зорієнтована в основному на екологічний напрям, який передбачає зменшення хімічного навантаження на агросферу. Тому, застосування нових бактеріальних препаратів на основі бульбочкових бактерій є обов'язковим і економічно й екологічно доцільнішим елементом технології вирощування бобових культур. Важливою функціональною ланкою системи ґрунт – мікроорганізм – рослина є мікробіом ризосфери, що являє собою складне угруповання різноманітних мікроорганізмів, які взаємодіють на основі екологічних і трофічних потреб і зв'язків. Відомо, що визначальним фактором мікробного ценозу ризосфери є рослина [2]. Проте, мікробне угруповання є сприйнятливим щодо дії будь-яких чинників навколишнього середовища [3, 5, 6]. Для мікробного ценозу ризосфери характерна здатність стабілізувати рівновагу. Дія ж абіотичних і біотичних чинників порушує цю рівновагу [2, 12].

Досліджуючи кількісний та якісний склад мікробних угруповань ризосфери козлятнику східного, властивості домінуючих видів, можна зрозуміти процеси, які відбуваються у ґрунті ризосфери. Наприклад, розповсюдження в ґрунті видів, які засвоюють мінеральні форми азоту, свідчить про активний перебіг процесів мінералізації органічних речовин. Показником родючості ґрунту може бути превалювання ферментативно активних видів, які розріджують желатин, пептонізують молоко, гідролізують крохмаль тощо. Домінування у ґрунті факультативно-анаеробних видів може вказувати на погіршення умов аерації ґрунту. Про посилення фунгістатичного потенціалу ґрунту свідчить наявність сприятливих умов для розмноження бактеріальної мікробіоти. Наявність спорівих бактерій свідчить про забезпеченість ґрунту органічним джерелом азоту та про активність мінералізаційних процесів [2, 7, 10].

Важливими є питання формування мікробного оточення, яке сприяє реалізації ефективної взаємодії козлятнику східного, сої з асоціативними мікроорганізмами. Такі дослідження впливу інтродукованих мікроорганізмів на кількісний і якісний склад мікробіому ризосфери рослин та його активність мають сприяти ширшому застосуванню біопрепаратів при вирощуванні однорічних і багаторічних бобових культур.

У наших дослідженнях ґрунту ризосфери козлятника східного показано, що біомаса бактерій при застосуванні мінеральних добрив збільшувалася порівняно з варіантом без добрив у понад 1,42 рази, при застосуванні ризобіофіту та ризобіофіту з  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – в 1,84 і 1,78 рази відповідно. Зростала також чисельність олігонітрофільних бактерій, що беруть участь у

трансформуванні рештків органічної речовини в 1,56 раза, а стрептоміцетів – у 2,9 раза. Показником мобілізаційних процесів у ґрунті є також целюлозоруйнівні мікроорганізми. Вміст цих мікроорганізмів у 8,5 і 8,7 раза вищий за внесення різних добрив і норм порівняно з контролем. Внесення різних норм мінеральних добрив значно поступається за кількістю целюлозоруйнівних мікроорганізмів варіантам з використанням ризобіфіту. Вміст мікроскопічних грибів мав тенденцію до збільшення від контролю до мінерального фону і до варіантів із застосуванням ризобіфіту (табл. 2).

Підвищення чисельності бацил і стрептоміцетів у ґрунті ризосфери козлятника східного із застосуванням ризобіфіту і мінеральних добрив свідчить про глибшу деструкцію органічної речовини. Ці групи мікроорганізмів засвоюють сполуки, які часто недоступні для неспорівих бактерій, а розвиваються на субстраті бідному на доступні сполуки [2]. Якщо порівнювати з контролем варіанти із застосуванням ризобіфіту і мінеральних добрив за різних норм, то вони поступаються зазначеним варіантам.

Дослідження мікрофлори ґрунту під посівами сої і попередників, які реагують на вплив зовнішніх чинників та слугують індикаторами стану екосистеми і сукцесійних процесів, що в ній відбуваються, є надзвичайно актуальним. Показано, що співвідношення різних екологіо-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів змінюється залежно від рослини. Так, чисельність амоніфікаторів зі зміною культури (соя ► люпин ► пшениця ► ріпак) зменшувалась з  $18,7 \cdot 10^6$  до  $4,3 \cdot 10^6$ , аналогічна закономірність спостерігалася для оліготрофів і педотрофів (табл. 3).

Таблиця 2

Кількість і біомаса мікроорганізмів у сірому лісовому середньосуглинковому ґрунті при вирощуванні *Galega oritntalis* L. за різних видів добрив і норм їх унесення (середні дані за 2012–2014 рр.)

Варіант	Біомаса бактерій, т/га	Бактерії				Мікроскопічні гриби	Стрептоміцети	Целюлозоруй-нівні
		амоніфікуючі	Споро утворюючі	педотрофні	Оліготрофіль-ні			
		МПА	МПА + СА	ГА	Середо-вище Ешбі			
10 <sup>6</sup> КУО/г сухого ґрунту							тис/г сухого ґрунту	
Контроль – без добрив	5,0	12	4,2	92	223	3,9	52	4,8
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	6,2	21	8,1	168	288	4,8	85	12,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,1	30	8,2	180	302	4,9	102	25,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	7,4	34	8,9	184	299	4,1	116	26,9
ризобіфіт	9,2	48	10,2	242	341	4,7	143	40,8
Ризобіфіт + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,9	51	10,9	253	350	5,1	151	41,7
НІР <sub>0,5</sub>	1,0	3,5	1,5	17	25	0,5	21	2,1

Примітка. МПА – м'ясопептонний агар; СА – сусло-агар; КАА - крохмаль-аміачний агар; ГА - агаризована ґрунтова витяжка.

Чисельність різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ґрунті під посівами сої та інших сільськогосподарських культур

Культура	Чисельність ґрунтових мікроорганізмів (КУО на 1 г абс. сухого ґрунту)					%
	Мікроміцети •10 <sup>3</sup>	Амоніфікатори •10 <sup>6</sup>	Оліготрофи •10 <sup>6</sup>	Педотрофи •10 <sup>6</sup>	Бактерії, що асимілюють мінеральний азот, •10 <sup>6</sup>	
Соя	21	18,7	14,4	11,8	6,2	120
Люпин	28	13,5	12,1	9,4	8,5	101
Пшениця	30	8,6	6,3	7,0	9,1	60
Ріпак	31	4,3	3,1	4,0	9,4	51
НІР <sub>05</sub>	1,5	1,6	1,9	1,5	1,0	10

Примітка: середні значення за роки досліджень

Аналогічні зміни виявлено і в динаміці чисельності мікрофлори, що, вочевидь, зумовлено певними процесами надходження і розкладання органічної речовини. Найчисленніша група сапрофітних мікроорганізмів – бацили переважають у ґрунті за сумісного застосування мінеральних добрив і ризобіофіту у фазі цвітіння козлятнику на 2-й та 3-й рік вирощування, проте кількість олігонітрофільних бактерій водночас зменшується. Для мікроскопічних грибів різниця у варіантах дослідіу незначна.

Показано, що показники оліготрофності та педотрофності ґрунту зростали зі зміною культури у такому порядку (соя ► люпин ► пшениця ► ріпак) і свого максимального значення сягали при вирощуванні ріпаку та становили відповідно 1,20 і 2,40. Підвищення показника педотрофності свідчить про збільшення інтенсивності розкладу органічної речовини ґрунту, зокрема гумусових сполук, а збільшення оліготрофності ґрунту вказує на зниження вмісту в ґрунті поживних речовин, зокрема доступного азоту (табл. 4).

Таблиця 4

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті під посівами сої та інших сільськогосподарських культур

Варіант (культура)	Коефіцієнт оліготрофності	Коефіцієнт педотрофності	Коефіцієнт мінералізації-імобілізації
Соя	0,30	0,45	0,60
Люпин	0,41	0,56	0,84
Пшениця	0,94	1,27	1,07
Ріпак	1,20	2,40	1,42

Мінімальними ці показники були при вирощуванні сої і становили: коефіцієнт оліготрофності – 0,30, коефіцієнт педотрофності – 0,45, що в 4 та в 5,3 разів менше порівняно до максимальних значень цих показників при вирощуванні ріпаку. Напруженість мінералізаційних процесів у ґрунті теж збільшувалася пропорційно, від сої до ріпаку, і

максимального значення сягала для ріпаку, коефіцієнт мінералізації-імобілізації складав 1,42, що в 2,4 раза вище, ніж при вирощуванні сої.

У наших дослідженнях біомаса бактерій при застосуванні мінеральних добрив збільшувалася порівняно з варіантом без добрив у понад 1,2 раза, при застосуванні *Bradyrhizobium japonicum* M8 (ризобіфіту) і сумісному застосуванні з N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – в 1,7 і 1,4 раза відповідно. Тобто, застосування мінеральних азотних добрив знижувала азотфіксуючий потенціал сої. Чисельність олігонітрофільних бактерій, що беруть участь у трансформуванні залишкових кількостей органічної речовини в 1,77 раза, а стрептоміцетів – у 2,15 раза. необхідно також зазначити, що ґрунт варіанта з ризобіфітом і сумісно з мінеральним удобренням характеризувався максимальним вмістом целюлозоруйнівних мікроорганізмів у 11,0 і 9,5 раза вищим, порівняно з контролем. Вміст мікроскопічних грибів мав тенденцію до збільшення від контролю до мінерального фону і до варіантів з застосуванням ризобіфіту.

Отримані результати досліджень підтверджують, що мобілізаційні процеси у ґрунті з застосуванням добрив та ризобіфіту позитивно впливають на життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів [5,6].

Нами встановлено, що основним збудником бактеріозу козлятнику є *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, що уражує усі наземні частини рослини. Збудником є поліфаг, що, зазвичай, спричинює чорно-коричневі некротичні плями, тому назва хвороби має такі синоніми: бактеріальна плямистість, чорна плямистість, коричнева дрібна плямистість [8, 24, 25].

Встановлено, охарактеризовано і проілюстровано найрозповсюдженіші грибні хвороби козлятнику східного (рис. 2), якими виявилися іржа, бура плямистість, рамуляріоз, церкоспороз, хоча козлятник вважають достатньо резистентною рослиною [20].

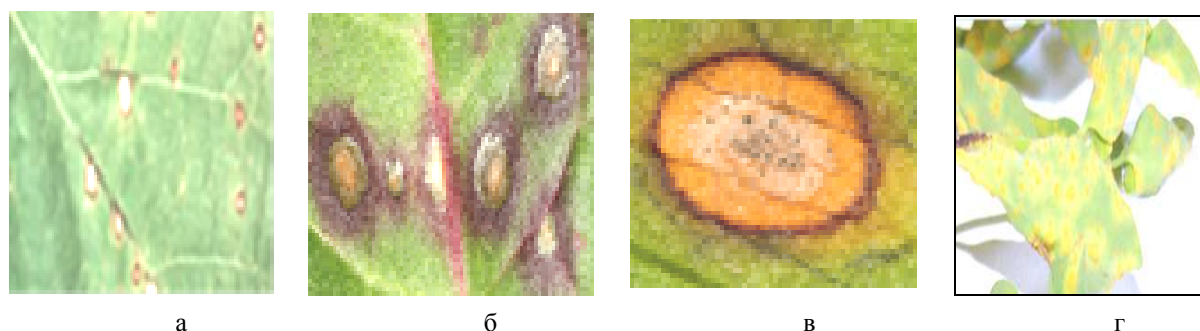


Рис. 2. Грибні хвороби козлятнику східного: а) церкоспороз; б) рамуляріоз; в) бура плямистість (філостикоз); г) іржа

Бактеріальні хвороби сої зареєстровані усюди, де її вирощують. Найбільш поширеними і шкодочинними бактеріозами сої є *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* (кутаста плямистість) та *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (пустульний бактеріоз). Крім цих збудників на сої паразитують: *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Ralstonia solanacearum*, *Pantoea agglomerans*, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* та бактерії, які виявлено у поодиноких випадках – *Pseudomonas viridiflava*, *Bacterium tatonense*, *Xanthomonas heterocea*, *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (рис.3) [14, 19, 21, 33].

Хвороби сої за штучного зараження можуть спричинювати також *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas fabae*, *Xanthomonas campestris* pv. *cannabis*, *Xanthomonas campestris* pv. *alfalfae* [21].

Встановлено, що найпоширенішими грибними хворобами є аскохітоз, фузаріоз, іржа, церкоспороз, септоріоз, борошниста роса, пероноспороз (несправжня борошниста роса (рис. 4) [3, 21].



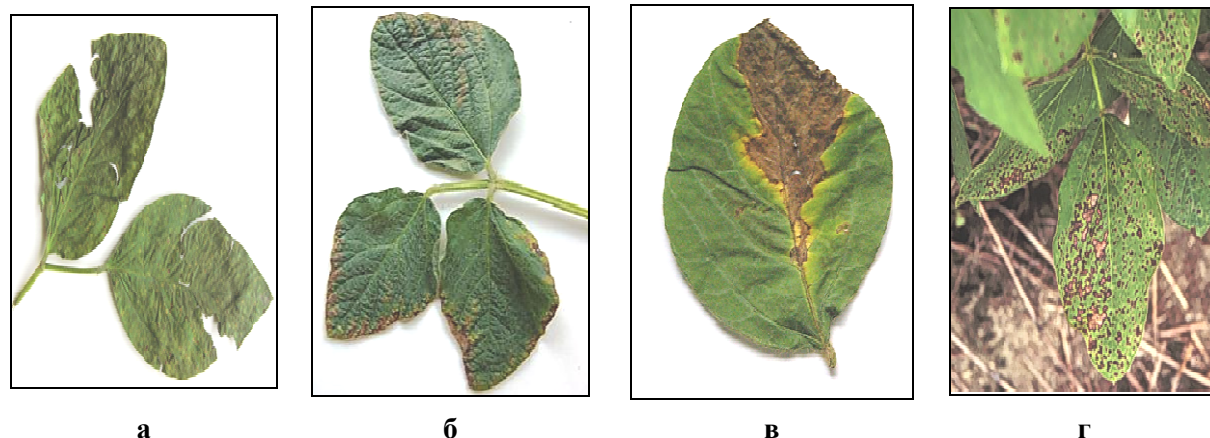


Рис. 3. Бактеріальні хвороби сої: а) кутаста плямистість (збудник *Pseudomonas savastanoi* рв. *glycinea*; б) пустульний бактеріоз (збудник – *Xanthomonas axonopodis* рв. *glycines*); в) дикий опік (збудник – *Pseudomonas syringae* рв. *tabaci*); г) іржаво-бура плямистість (збудник – *Curtobacterium flaccumfaciens* рв. *flaccumfaciens*)

Основною функцією бобово-ризобіальної системи є процес азотфіксації [5, 6, 26, 27], тому важливо було з'ясувати вплив бактеріальних й грибних метаболітів на нітрогеназну активність бульбочок (табл. 5).

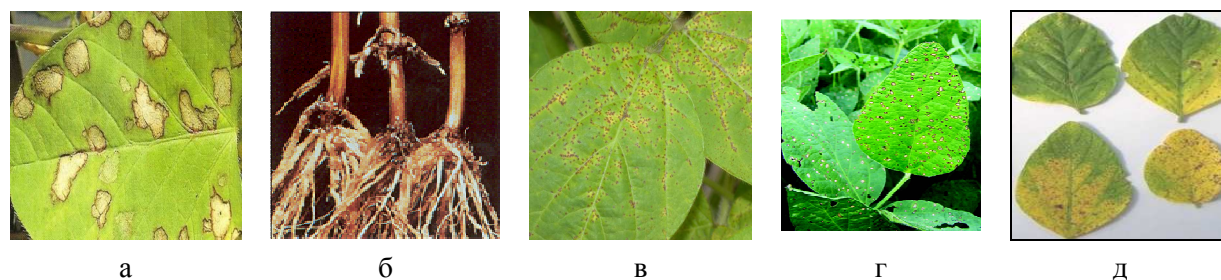


Рис. 4. Грибні хвороби сої: а – аскохітоз (збудник – *Ascochyta sojaecola*); б – фузаріоз (збудник – *Fusarium gibbosum* App. Et Wr.; *F. oxysporum* Schl.; *F. oxysporum*); в – іржа (збудник – *Uromyces sojae* Syd); г – церкоспороз (збудник – *Cercospora kikuchii*); д – септоріоз ((збудник – *Septoria glycines* T.)

Таблиця 5

Вплив культуральної рідини фітопатогенних бактерій і грибів на нітрогеназну активність бульбочок козлятнику східного сорту Кавказький бранець та сої сорту Горлиця

Варіант	Нітрогеназна активність, мкмоль C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / год	
	на 1 рослину за годину	на 1г бульбочок за годину
Контроль (поживне середовище для бактерій)	4,45 ± 0,39	5,03 ± 0,43
Контроль (поживне середовище для грибів)	3,14 ± 0,28	3,57 ± 0,15
Культуральна рідина <i>Pseudomonas syringae</i> рв. <i>syringae</i> ,	0,09 ± 0,04	відсутня
Культуральна рідина <i>Xanthomonas</i> sp. P14	0,29 ± 0,10	0,12 ± 0,01
Культуральна рідина <i>Uromyces galegae</i> P15	0,04 ± 0,01	відсутня
Культуральна рідина <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> рв. <i>flaccumfaciens</i>	відсутня	відсутня
Культуральна рідина <i>Fusarium gibbosum</i> App.	відсутня	відсутня

Дослідження безпосереднього впливу фільтратів культуральних рідин *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Xanthomonas* sp. P14 та *Uromyces galegae* P15 на симбіотичну систему козлятник східний – бульбочкові бактерії показали, що під їхньою дією знижувалась нітрогеназна активність бульбочок порівняно з контрольним варіантом, а при замочуванні бульбочок у культуральній рідині *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* і *Uromyces galegae* P15 азотфіксація взагалі була відсутня.

Аналогічні результати були отримані і для сої.

Інокуляція насіння козлятнику східного і сої активними штамми бульбочкових бактерій *Rhizobium galegae* Л2 й *Bradyrhizobium japonicum* М8 пом'якшувала негативний вплив фітопатогенів на рослини козлятнику та сої.

### Висновки

Вирощування козлятнику східного й сої з використанням ризобіофіту, виготовленого на основі бульбочкових бактерій *Rh. galegae* Л2 й *Bradyrhizobium japonicum* М8 істотно впливає на формування ґрунтової мікробіоти, при цьому у ґрунті відбувається збільшення її біомаси. Зростає чисельність спороутворюючих, олігонітрофільних і целюлозоруйнівних мікроорганізмів. Підвищується рівень біологічної активності ґрунту, зокрема інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> і поглинання O<sub>2</sub>, а також амоніфікуючої та нітрифікуючої активності. Певні зміни спостерігали і в динаміці чисельності мікроорганізмів, що зумовлено своєрідністю перебігу процесів надходження і розкладання органічної речовини у варіантах з ризобіофітом. Отримані дані свідчать, що мобілізаційні процеси у ґрунті з ризобіофітом відбуваються інтенсивніше, ніж за вирощування козлятнику східного без добрив.

Дослідження безпосереднього впливу фільтратів культуральних рідин *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Xanthomonas* sp. P14 та *Uromyces galegae* P15 на симбіотичну систему козлятник східний – бульбочкові бактерії показали, що під їхньою дією знижувалась нітрогеназна активність бульбочок порівняно з контрольним варіантом, а при замочуванні бульбочок у культуральній рідині *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* і *Uromyces galegae* P15 азотфіксація взагалі була відсутня.

1. Артемов І. В. Козлятник восточный в Центральнoчерноземной зоне / І. В. Артемов, В. М. Первущин, Т. Г. Белоножкіна // Кормoпроизводство. — 1994. — № 4. — С. 7—12.
2. Гадзало Я. М. Агрoбіологія ризосфeры растений: монографія / Я. М. Гадзало, Н. В. Патыка, А. С. Заришняк. — К. — Аграрна наука, 2015. — 386 с.
3. Гвоздяк Р. І. Фітопатогенні бактерії. Бактеріальні хвороби рослин: [монографія: в 3-х т.] / [Р. І. Гвоздяк, Л. А. Пасічник, Л. М. Яковлева та ін.]. — К.: ТОВ «НВП «Інтерсервіс». Т. 1. — 2011. — 444 с.
4. Генетические основы селекции клубеньковых бактерий / [Б. В. Симаров, А. А. Аронштам, Н. И. Новикова и др.]. — Л.: Агрoпромиздат, 1990. — 192 с.
5. Коць С. Я. Біологіческая фіксація азота: бобово-ризобіальний симбіоз / Коць С. Я., Моргун В. В., Патыка В. Ф., и др.: [монографія: в 4-х т.]. — К.: Логос, Т. 1. — 2010. — 508 с.
6. Коць С. Я. Біологіческая фіксація азота: бобово-ризобіальний симбіоз: / С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка, С. М. Маличенко, П. Н. Маменко, Д. А. Киризий, Л. М. Михалків, С. К. Береговенко, Н. Н. Мельникова [монографія: в 4-х т.]. — Т. 2. — К.: Логос, 2011. — 523 с.
7. Патыка В. П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Патыка, І. А. Тихонович., І. Д. Філіп'єв, В. В. Гамаюнова, І. І. Андрусенко // Київ: Урожай, 1993. — 176 с.
8. Патыка В. П. Діагностика фітопатогенних бактерій. Методичні рекомендації / В. П. Патыка, Л. А. Пасічник, Л. А. Данкевич та ін.; За ред. В. П. Патыки. — Київ, 2014. — 76 с.
9. Патыка В. П. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патыка, Т. Т. Гнатюк, Н. М. Булеца, Л. В. Кириленко // Землеробство. — 2015. — № 2. — 89. — С. 12—20.
10. Патыка В. П. Роль біологічного азоту в системі збереження й відтворення родючості ґрунтів у сучасному землеробстві / В. П. Патыка // Шляхи підвищення ефективності використання землі в сучасних умовах / наукове видання за ред. В. Ф. Камінського. — 2016. — С. 52—74.
11. Пересыпкин В. Ф. Атлас болезней полевых культур / В. Ф. Пересыпкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Київ : Урожай, 1987. — 144 с.

12. *Петриченко В. Ф.* Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем / [В.Ф. Петриченко, І.А. Тихонович, С.Я. Коць та ін.] // Вісник аграрної науки. — 2012. — № 8. — С.5—11.
13. *Савенко В. С.* Вирощування козлятнику східного на корм та насіння в західному лісостепу України (рекомендації) / В.С. Савенко— Тернопіль, ТОВ «Поліграфіст», 1995. — 17 с.
14. *Савенко В. С.* Козлятник східний / В.С. Савенко. — Тернопіль: Економічна думка, 2000. — 292 с.
15. *Семенова Н. М.* Перспективы внедрения козлятника восточного в Зауралье / Н. М. Семенова // Козлятник восточный проблемы возделывания и использования: тез. докл. I Всесоюзного научно-производственного семинара. Челябинск. 1991. С. 24—26.
16. *Сергеева Н. А.* Формирование продуктивности козлятника восточного в зависимости от режима использования на выщелоченных черноземах юга лесостепи Нечерноземья: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.01. «Общее земледелие» / Сергеева Наталья Александровна. — Пенза, 2011. — 23 с.
17. *Сидорова К. К.* Симбиогенетика и селекция макросимбионта на повышение азотфиксации на примере гороха (*Pisum Sativum L.*) / К.К. Сидорова и др. // Вестн. ВОГиС. — 2010. — Т. 14. — № 2. — С. 357—374.
18. *Сидорова К. К.* Генетическая роль бобового растения в симбиотической азотфиксации (на примере *Pisum sativum*) / К.К. Сидорова, В.К. Шумный // Сибир. эколог. журн. — 1999. — № 3. — С. 281—288.
19. *Смирнов В. В.* Бактерии рода *Pseudomonas* / В.В. Смирнов, Е.А. Киприанова; [Отв. ред. Б.Е. Айзенман]. — К.: Наукова думка, 1990. — 264 с.
20. *Хвороби козлятника східного: моніторинг, діагностика, профілактика. Методичні рекомендації.* За редакцією академіків НААН В.П. Патики, В.Ф. Петриченка. — «Віндрук», 2016. — 48 с.
21. *Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист: [монографія]* / В.Ф. Петриченко, В.П. Патики, Л.А. Пасічник, та ін.; За ред. академіків НААН В.Ф. Петриченка, В.П. Патики. — Вінниця: «Віндрук», 2016. — 106 с.
22. *Черемисов Б. М.* Селекция бобовых растений и клубеньковых бактерий на интенсификацию их симбиоза / Б.М. Черемисов. — М., 1985. — 61 с.
23. *Andronov E. E.* Symbiotic and genetic diversity of *Rhizobium galegae* isolates Collected from the *Galega orientalis* Gene Center in the Caucasus / E.E. Andronov, Z. Terefework, M. L. Roumyantseva // J. Appl. Bacteriol. — 2003. — Vol. 69. — P. 1067—1074.
24. *Kirilenko L.* Influence of biological products on the microbiocenosis soil in the rhizosphere of *Galega oritntalis L* / Lyudmyla Kirilenko, Volodymyr Patyka // Science and World, International scientific journal. — Volgograd, 2016. — № 12 (40). — P. 61—64
25. *Kirilenko L.* Influence plant pathogenic bacteria and fungi on the efficiency of the symbiotic system *Rhizobium galegae* — *Galega oritntalis L* / Lyudmyla Kirilenko, Antonina Kalinichenko, Volodymyr Patyka // Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: [monografia]. — Opole, 2016. — P. 51—64
26. *Lindström K.* Metabolic properties, maximum growth temperatures and phage-typing as a means of distinguishing *Rhizobium* sp. (*Galega*) from other fast growing rhizobia / K. Lindström, S. Lehtomäki // FEMS Microbiol. Lett. — 1988. — 50. — P. 277—287.
27. *Lipsanen P.* Specificity of *Rhizobium (Galega)* — *Galega* interaction / P. Lipsanen, K. Lindstrom // Recognition in microbe—plant symbiotic and pathogenic interactions. NATO ASI Series, 1986. — Vol. № 4. — P. 113—114.
28. *Newton W. E.* Nitrogen fixation: some perspectives and prospects W.E. Newton // Proc. 1st European nitrogen fixation conference. — Szeged, 1994. — P. 1—6.
29. *Rhizobiaceae.* Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / Под ред. Спайнка Г., Кондороши А., Хукаса П. Рус. перевод под ред. Тихоновича И. А., Проворова Н. А. — СПб., 2002. — 567 с.
30. *Singh G.* The Soybean. Botany, Production and Uses / Ed. by G. Singh. — Wallingford, UK: CABI, 2010. — 494 p.
31. *Symbiotic and Genetic Diversity of Rhizobium galegae* Isolates Collected from the *Galega orientalis* Gene Center in the Caucasus / [E.E. Andronov, Z. Terefework, M.L. Roumiantseva et al.] // Appl Environ Microbiol. — 2003. — 69(2). P. — 1067—1074.
32. *Virtanen A. I.* Biological nitrogen fixation / A.I. Virtanen, J.K. Miettinen // Plant Physiology — 1963. — P. 104—109.
33. *Webblock D. N.* DNA Homologies between *Rhizobium fredii*, *Rhizobia* that nodulate *Galega sp.*, and other *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species / D.N. Webblock, B.D.W. Jarvis // Int. J. Syst. Bacteriol. — 1986. — Vol. 36. — P. 550—558.

*В. Ф. Патыка, Л. В. Кириленко, А. А. Алексеев, О. М. Захарова, Т. Т. Гнатюк*  
 Институт микробиологии и вирусологии имени Д. К. Заболотного НАН Украины  
 Винницкий национальный аграрный университет

**ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ, ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ  
 НА МИКРОБИОМ ПОЧВЫ РИЗОСФЕРЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
 СИМБИОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КЛУБЕНЬКОВЫЕ БАКТЕРИИ – СОЯ, КОЗЛЯТНИК**

Козлятник восточный и соя при выращивании без инокуляции ризобифитом (препаратом клубеньковых бактерий) существенно влияют на формирование почвенного микробиома, при этом в почве происходит уменьшение ее биомассы. Уменьшается численность спорообразующих, олигонитрофильных и целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Снижается уровень биологической активности почвы, в частности, интенсивности выделения CO<sub>2</sub> и поглощения O<sub>2</sub>, а также амонифицирующей и нитрифицирующей активности. Определенные изменения наблюдают и в динамике численности микроорганизмов, что обусловлено своеобразием течения процессов поступления и разложения органического вещества в вариантах с ризобифитом. Доказано, что в условиях жесткой инфекционной нагрузки кроме увеличения распространения и развития болезни наблюдается снижение эффективности функционирования бобово-ризобияльной системы. Это приводит к угнетению развития растений, о чем свидетельствует снижение надземной массы козлятника восточного и сои, их качества, массы корней по сравнению с контрольным вариантом.

*Ключевые слова: козлятник, соя, микробиом, биологическая активность почвы, бобово-ризобияльная система*

*V. P. Patyka, L. V. Kyrylenko, O. O. Aliksieiev, O. M. Zakharova, T. T. Hnatiyk*  
 Institute of Microbiology and Virology NASU, Ukraine  
 Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna, Ukraine

**INFLUENCE OF BIOLOGICAL PRODUCTS, PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISM  
 ON THE MICROBIOM SOIL IN THE RHIZOSPHERE AND THE EFFICIENCY OF SYMBIOTIC  
 SYSTEM ROOT NODULE BACTERIA – SOYBEAN, GOAT'S-RUE**

The formation of soil microbiom is significantly affected by eastern galega and soybean for cultivation without rhizobifit inoculation (nodule bacteria specimen), thereby the soil is reducing its biomass. The number of spore-forming, oligonitrophile and cellulose-destructive microorganisms decreases. The level of biological activity of soil becomes lower, in particular, rate of evolution of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> absorption as well as amonification and nitrification activity. Some changes are observed in the abundance dynamics of microorganisms, which is based on the originality of flow and decomposition of organic matter processes in variant with rhizobifit. It is investigated that under strict infection pressure, aside from the spread and development of disease increasing, the legume-rhizobia system loss of efficiency is observed. This leads to the inhibition of plant growth as evidenced by the reduction in aboveground mass of eastern galega and soybean, their quality, mass of roots compared to a control variant.

*Keywords: goat's-rue, soybean, microbiom, biological activity of soil, legume-rhizobia system*

Рекомендує до друку  
 В. В. Грубінко

Надійшла 07.02.2017

УДК 581.1. 631.811.98: 633.367

<sup>1</sup>С. В. ПИДА, <sup>2</sup>О. В. ТРИГУБА, <sup>2</sup>О. В. ГУРСЬКА, <sup>3</sup>І. С. БРОЦАК

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

<sup>2</sup>Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка  
пров. Лицейний, 1, Кременець, Тернопільська область, 47003

<sup>3</sup>Тернопільська філія державної установи «Інститут охорони родючості ґрунтів України»  
вул. Микулинецька, 22, Тернопіль, 46006

## **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛЮПИНУ БІЛОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Наведено результати дослідження економічної ефективності передпосівної обробки насіння люпину білого сортів Діета та Серпневий ризобіфітом на основі *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) штамів 367а і 5500/4 та регуляторами росту рослин Регоплант і Стимпо. Визначено основні показники економічної ефективності застосування біопрепаратів: собівартість одиниці продукції, прибуток, рівень рентабельності виробництва. Встановлено, що застосування композицій біопрепаратів сприяє підвищенню ефективності вирощування культури та зростанню рівня рентабельності. Найвищі рівні прибутку отримано у варіантах за сумісного застосування ризобіфіту, штам 367а + PPP Регоплант.

*Ключові слова:* люпин білий, ризобіфіт, регулятори росту рослин, економічна ефективність

Сьогодні за складних економічних та екологічних умов зростає роль сільськогосподарських культур зі значним біологічним та економічним потенціалом. Важливе значення у зменшенні дефіциту кормового і харчового білків, підвищенні родючості та поліпшенні структури ґрунту відіграють зернобобові культури, серед яких перспективним, з агрономічної точки зору, є люпин білий (*Lupinus albus* L.) [8].

Характерними особливостями рослин люпину є здатність утворювати з бульбочковими бактеріями симбіотичні системи з високою активністю азотфіксації, можливість рости на бідних і кислих ґрунтах, отримувати фосфор з недоступних форм, створювати сприятливі умови для повітряного і водного режиму ґрунту і бути хорошим попередником для інших культур сівозміни [4, 16, 17].

Останнім часом усе більшого поширення набуває використання ефективних та екологічно безпечних регуляторів росту і розвитку рослин, мікробних препаратів, що сприяють підвищенню стійкості сільськогосподарських культур до ураження хворобами, у тому числі вірусними, а також покращенню реалізації закладеного в рослинах потенціалу продуктивності [2, 6, 9, 10, 11, 12]. Окремого аналізу потребує економічна ефективність їх застосування в технологіях вирощування люпину білого. Адже саме зазначений аспект є одним із визначальних у формуванні ринкового успіху будь-якого виробничого засобу.

Мета роботи – визначити економічну ефективність застосування передпосівної обробки насіння *Lupinus albus* L. сортів Діета і Серпневий (селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН України»). ризобіфітом на основі бульбочкових бактерій люпину штамів 367а, 5500/4, регуляторами росту рослин (PPP) Стимпо та Регоплант і їхніми композиціями.

### **Матеріал і методи досліджень**

Польові досліді закладали на сірому лісовому ґрунті дослідних ділянок Кременецького ботанічного саду. Перед посівом насіння люпину протягом 20 хв. стерилізували 70 % етанолом і промивали водопровідною водою. У день сівби проводили інокуляцію ризобіфітом та обробку насіння PPP. Насіння перед посівом зволожували водою із розрахунку 2 % від його маси (контроль) та PPP Регоплант (25 мл/л) і Стимпо (2,5 мл/л), інокулювали торф'яною формою ризобіфіту з розрахунку 2 кг/га. Схема досліду: 1 варіант – контроль, насіння не оброблене; 2 – насіння перед посівом інокулювали ризобіфітом на основі *Bradyrhizobium* sp.

(*Lupinus*) штаму 367а (стандартний); 3 – ризобіфіт, штам 5500/4; 4 – насіння перед посівом обробляли РРР Регоплант; 5 – РРР Стимпо; 6 – ризобіфіт, 367а + РРР Регоплант; 7 – ризобіфіт, 367а + РРР Стимпо; 8 – ризобіфіт, 5500/4 + РРР Регоплант; 9 – ризобіфіт, 5500/4 + РРР Стимпо. Обробіток ґрунту та догляд за посівами проводили згідно загальноприйнятої агротехніки для зони Лісостепу. При досяганні насіння люпину урожай збирали вручну. Ризобіфіт виготовлено в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів). В основу створення препаратів РРР Стимпо та Регоплант покладено синергійний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування гриба-мікроміцета, вилученого з кореневої системи женьшеню та препаратів з продуктів життєдіяльності *Streptomyces avermitilis* [1].

Люпин білий сорту Діета внесений до Реєстру сортів рослин України на 2004 рік, створений методом індивідуального добору на інфекційному фоні із сорту люпину білого Український. Для нього характерне одночасне досягання зерна на центральній китиці та бічних пагонах, що забезпечує скоростиглість і високу якість насіння. Зерно сорту Діета може бути використане для приготування продуктів харчування. Сорт Серпневий занесений до Реєстру сортів рослин України на 2006 рік, створений методом гібридизації (лінія 2101×лінія 2247) з подальшим індивідуальним доббором за ознакою скоростиглості. Сорт стійкий до фузаріозу та вірусу жовтої мозаїки квасолі (ВЖМК), рекомендовано для вирощування на зерно і зелену масу [13].

Визначення економічної ефективності застосування ризобіфіту та РРР Регопланту і Стимпо в технології вирощування люпину білого сортів Діета і Серпневий в умовах західного Лісостепу проводили згідно рекомендацій [3, 5, 7, 15], статистичну обробку даних – за допомогою програми *Microsoft Office Excel*. Порівняльну економічну оцінку ефективності вирощування люпину білого здійснювали залежно від застосування ризобіфіту і РРР.

### Результати досліджень та їх обговорення

Для сучасних сортів люпину селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН України» властивий низький вміст антипоживних речовин та інгібіторів трипсину в білковому комплексі люпину (0,47 мкг/мг). Це одна з умов його високої перетравності всіма видами сільськогосподарських тварин, яким його можна згодовувати без додаткової термічної обробки [14]. Тому, проблема підвищення врожайності люпину білого є однією із головних, але поряд з нею постає не менш важливе завдання – отримання екологічно безпечної продукції за найменших затрат.

Оскільки проведено польові дрібноділянкові дослідження, то для визначення економічної ефективності використання різних елементів агротехніки застосовано моделювання типової технології до умов виробничих масштабів. Ціни на матеріально-технічні ресурси, сільськогосподарську продукцію та рівень заробітної плати прийнято на середньому рівні 2014 р.

В умовах ринкової економіки одним з основних критеріїв економічної ефективності технологічних процесів є чистий прибуток. Для економічного обґрунтування елементів технології використовували такі показники: затрати на виробництво продукції з 1 га, собівартість продукції, прибуток та рентабельність.

Розрахунки показали, що без застосування препаратів собівартість 1 ц люпину білого сорту Діета згідно технологічної карти 940 грн. При урожайності зерна 20,7 ц/га рівень рентабельності на контрольній ділянці становив 59,5 %. За використання ризобіфіту на основі штаму бульбочкових бактерій 367а урожайність насіння підвищилася, а собівартість знизилася до 779,36 грн. (табл. 1). Найефективнішим елементом технології при вирощуванні люпину білого сорту Діета виявилось сумісне застосування ризобіфіту, штам 367а + РРР Регоплант. У вищезазначеному варіанті чистий прибуток з га становив 21732 грн. при рівні рентабельності 111 %. Хороший результат виявлено також за застосування комплексу ризобіфіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант, чистий прибуток з гектара складав 19482 грн. при рівні рентабельності 99,8 %, що на 40,3 % перевищив контроль, а прибуток збільшився на 7890 грн.

Отже, комплексне застосування ризобіфіту, штам 367а + РРР Регоплант є найбільш економічно вигідним елементом технології, який сприяє підвищенню урожайності, прибутку і рівня рентабельності. Разом з тим собівартість продукції найнижча, завдяки підвищенню урожайності при однакових затратах на 1 га.

Таблиця 1

Економічна ефективність різних технологій вирощування на 1 га люпину білого сорту Діета

Технологія вирощування	Урожайність, ц/га	Всього витрат, грн./га	Собівартість, грн./ц	Вартість за ціною 1500 грн./ц	Прибуток, грн./га	Рентабельність, %
Контроль (без застосування препаратів)	20,7	19458	940,00	31050	11592	59,5
Ризобофіт, штам 367a	25,0	19484	779,36	37500	18016	92,5
Ризобофіт, штам 5500/4	22,9	19484	850,82	34350	14866	76,3
РРР Регоплант	23,1	19492	843,80	34650	15158	77,8
РРР Стимпо	22,0	19493	886,04	33000	13507	69,3
Ризобофіт, штам 367a + РРР Регоплант	27,5	19518	709,75	41250	21732	111,0
Ризобофіт, штам 367a + РРР Стимпо	24,5	19519	796,69	36750	17231	88,3
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	26,0	19518	750,69	39000	19482	99,8
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	24,9	19519	783,89	37350	17831	91,4

Сорт Серпневий люпину білого в умовах Західного Лісостепу України характеризувався нижчою урожайністю порівняно з сортом Діета, у результаті цього дещо знижується прибуток і відповідно рівень рентабельності (табл. 2). Найефективнішою виявилась технологія вирощування культури зазначеного сорту за сумісного застосування ризобофіту обох штамів з РРР Регоплант. За передпосівної обробки насіння ризобофітом, штам 367a + РРР Регоплант прибуток збільшився на 8490 грн., а рентабельність на 43,3 %, за дії ризобофіту, штам 5500/4 + РРР Регоплант – на 6990 грн. та 35,7 % відповідно до контролю.

Таблиця 2

Економічна ефективність різних технологій вирощування на 1 га люпину білого сорт Серпневий

Технологія вирощування	Урожайність, ц/га	Всього витрат, грн./га	Собівартість, грн./ц	Вартість за ціною 1500 грн./ц	Прибуток, грн./га	Рентабельність, %
Контроль (без застосування препаратів)	19,9	19458	977,78	29850	10392	53,4
Ризобофіт, штам 367a	22,3	19484	873,72	33450	13966	71,7
Ризобофіт, штам 5500/4	22,1	19484	881,62	33150	13666	70,1
РРР Регоплант	23,6	19492	825,93	35400	15908	81,6
РРР Стимпо	21,4	19493	910,88	32100	12607	64,7
Ризобофіт, штам 367a + РРР Регоплант	25,6	19518	762,42	38400	18882	96,7
Ризобофіт, штам 367a + РРР Стимпо	22,6	19519	863,67	33900	14381	73,7
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Регоплант	24,6	19518	793,41	36900	17382	89,1
Ризобофіт, штам 5500/4 + РРР Стимпо	21,3	19519	916,38	31950	12431	63,7

Проаналізувавши рівень рентабельності застосування нових елементів технології (ризобіфіт, штам 367a + РРР Регоплант) при вирощуванні обох сортів люпину білого встановлено, що зазначений показник є вищим у сорту Дієта на 14,3 % порівняно з сортом Серпневий.

Наведені результати засвідчують, що застосування ризобіфіту, штамів 367a і 5500/4 та РРР Регоплант і Стимпо для передпосівної обробки насіння люпину білого сприяє підвищенню ефективності вирощування культури та зростанню рівня рентабельності. При цьому за роки проведення досліджень (2012-2014 рр.) найвищі рівні прибутку отримано у варіантах за сумісного застосування ризобіфіту, штам 367a + РРР Регоплант, що дозволяє рекомендувати композицію як елемент агротехніки посівів люпину білого сортів Дієта та Серпневий в умовах Західного Лісостепу України.

1. *Анішин Л. А.* Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню / Л. А. Анішин, С. П. Пономаренко, З. М. Грицаєнко. — К.: ДП МНТЦ «Агробіотех», 2011. — 40 с.
2. *Біостимулятори* (регулятори росту) рослин. Рекомендації по застосуванню. — К.: МНТЦ — Агробіотех НАН та МОН України, 2013. — 21 с.
3. *Гануш Г. И.* Методические указания по определению экономической эффективности применения регуляторов роста при выращивании овощных растений / Г. И. Гануш, П. С. Жукова // Овощеводство. — 1996. — Вып. 9. — С. 17—21.
4. *Гатаулина Г. Г.* Белый люпин — перспективная кормовая культура / Г. Г. Гатаулина, Медведев Н. В. // Достижения науки и техники АПК. — 2008. — № 10. — С. 49—52.
5. *Методика* визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій. — К.: Урожай, 1986. — 117 с.
6. *Моргун В. В.* Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В. В. Моргун, С. Я. Коць, Е. В. Кириченко // Физиология и биохимия культурных растений. — 2009. — Т. 41, № 3. — С. 187—207.
7. *Організаційно-методичні* основи формування додатків до колективного договору по оплаті та нормуванню праці в аграрному виробництві. — К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2004. — 288 с.
8. *Панцирева Г. В.* Дослідження сортових ресурсів люпину білого (*Lupinus albus* L.) в Україні [Електронний ресурс] / Г. В. Панцирева // Сільське господарство та лісівництво. — 2016. — № 4. — С. 88—93. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agh\\_2016\\_4\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agh_2016_4_12).
9. *Пиріг О. В.* Економічна та енергетична ефективність застосування мікробних препаратів при вирощуванні люпину жовтого на фоні вірусного ураження / О. В. Пиріг, Ю. М. Халеп, В. А. Бардаков // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2015. — Вип. 21. — С. 52—59.
10. *Підпалій І.* Формування урожайності люпину білого залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України [Електронний ресурс] / І. Підпалій, В. Липовий, Г. Панцирева // Аграрна економіка. — 2015. — Т. 8, № 3 — 4. — С. 83—87. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae\\_2015\\_8\\_3-4\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae_2015_8_3-4_15).
11. *Попова Л. В.* Вивчення впливу регуляторів росту на урожайність озимої пшениці, при різних способах їх застосування, в умовах Комітернівського району Одеської області / Л. В. Попова // Аграрний вісник Причорномор'я. — 2015. — Вип. 76. — С. 59—64.
12. *Регулятори* росту рослин природного походження на посівах пшениці ярої в умовах Північного Лісостепу України / [М. Г. Василенко, М. В. Драга, Ю. О. Зацарінна, І. Д. Бакай] // Агроекологічний журнал. — 2014. — № 4. — С. 64—69.
13. *Сайт «МНТЦ Агробіотех»»* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.agrobiotech.com.ua/>. — Перевірено: 21.01.2017.
14. *Фартушняк А. Т.* Досягнення по селекції кормових сортів люпину / А. Т. Фартушняк // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. — 2009. — № 6. — С.151—154.
15. *Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика* / [ред. П. Т. Саблук, Ю. Ф. Мельник, М. В. Зубець та ін.]. — К., 2008. — Т. 1: Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур. — К., 2008. — 698 с.
16. *Gataulina G.* Breeding of *Lupinus albus* cultivars in Russia: results, respectives, problems / G. Gataulina, N. Medvedeva, A. Tzigutkin // Proceed of the 12th Intern Lupin Conf. (Fremantle, Western Australia, 14 — 18 September). — 2008. — P. 283—286.
17. *Sweetingham M. S.* Lupins — future global possibilities / M. S. Sweetingham // Proceed, of the 12h Intern. Lupin Conf. (Fremantle, Western Australia, 14 — 18 September). — 2008. — P. 514—525.



*С. В. Пыда, Е. В. Тригуба, О. В. Гурская, И. С. Брошчак*

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка  
Кременецкая областная гуманитарно-педагогическая академия имени Тараса Шевченко  
Тернопольский филиал государственного учреждения «Институт охраны плодородия почв Украины»

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ  
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ  
ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

Приведены результаты исследования экономической эффективности предпосевной обработки семян люпина белого сортов Диета и Сэрпнэвий Ризобифитом на основе Bradyrhizobium sp. (Lupinus) штаммов 367а и 5500/4 и регуляторами роста растений Регоплант и Стимпо. Определены основные показатели экономической эффективности применения биопрепаратов: себестоимость единицы продукции, прибыль, уровень рентабельности производства. Установлено, что применение композиций биопрепаратов способствует повышению эффективности выращивания культуры и росту уровня рентабельности. Самые высокие уровни прибыли получено в вариантах совместного применения Ризобифит, штамм 367а + PPP Регоплант.

*Ключевые слова: люпин белый, Ризобифит, регуляторы роста растений, экономическая эффективность*

*S. V. Pyda, O. V. Tryhuba, O. V. Hurska, I. S. Broshchak*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine  
Kremenets Taras Shevchenko Regional Humanitarian Pedagogical Academy, Ukraine  
Ternopil Branch of State Institution. "Soil Protection Institute of Ukraine".

**ECONOMIC VIABILITY AND BENEFITS OF BIOPRODUCTS USED FOR GROWING WHITE  
LUPINE IN WESTERN STEPPE OF UKRAINE**

The article highlights the research results of the economic efficiency of pre-treatment of white lupine (*Lupinus albus*) seeds (Diet and August varieties) with rhizobifit from *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*), strains 367а and 5500/4 and plant growth stimulants Regoplant and Stympto. The following main indicators of economic viability of bioproducts have been determined: unit cost, revenue, profitability of production.

A combined use of rhizobifit, strain 367а, and PPP Regoplant has proved to be the most cost-effective technology for growing white lupine of Diet variety. In this case the net income per ha was 21,732 UAH, the profitability constituted 111%. Good results were also achieved through the complex use of rhizobifit, strain 5500/4 + PPP Regoplant, with net income per ha totalling to 19,482 UAH, the profitability reaching 99.8%, which is 40.3% higher than the control level, indicating the profit increase by 7890 UAH.

The yield capacity of August variety of white lupine grown in Western steppes of Ukraine has proved to be lower as compared to the Diet variety. It results in a decline of profit in particular and viability in general. A complex use of both strains of rhizobifit and PPP Regoplant has proved to be the most cost-effective for the cultivation of the given variety. The pre-treatment of seeds with rhizobifit, strain 367th + PPP Regoplant resulted in the profit increase by 8,490 UAH and profitability by 43.3%, and rhizobifit, strain 5500/4 + PPP Rehoplant - by 6,990 UAH and 35.7% as compared to the control level.

Thus, the use of bioproducts enhances efficiency of growing crops and increases profitability and overall economic viability.

*Keywords: Lupinus albus, white lupine, rhizobifit, plant growth stimulators, economic viability*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.02.2017

В. В. Грубінко

# ОГЛЯДИ

УДК 57.08[561.263:(577.115+577.127)]

О. І. БОДНАР

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

## **БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ: ОСНОВНІ НАПРЯМИ (ОГЛЯД)**

Розглянуто основні сучасні напрями практичного використання мікроводоростей. Найбільш перспективним й актуальним є створення та оптимізація технології виробництва з одноклітинних водоростей біодизелю як поновлюваного та більш безпечного для довкілля джерела енергії. Культивування мікроводоростей здійснюється за відповідних фізико-хімічних, технічних та кліматичних умов з використанням різноманітних методик, що регулюють та модифікують процеси приросту біомаси та синтезу органічних речовин, зокрема ліпідів. Також проаналізовані дані щодо біохімічного складу водоростей (переважно ліпідного та білкового походження, пігментів, тощо) та їх активних компонентів, які використовуються для отримання біологічно активних речовин з лікувальною чи профілактичною метою у фармацевтичній, косметичній та ветеринарній практиці.

*Ключові слова: водорості, культивування, альгокультура, біодизель, біологічно активні добавки*

Одноклітинні водорості є фотосинтезуючими мікроорганізмами, які здатні до росту та розмноження у різних водних середовищах, а саме, у прісних та морських водоймах, термальних джерелах, стічних водах промислового, сільськогосподарського та муніципального походження. Для багатьох видів місцем існування є ґрунт, гірські породи, льодовики, інші представники живого світу, позаяк водорості є одними з найбільш розповсюджених видів на Землі. Це свідчить про надзвичайно широкі межі їх адаптивності і лабільності метаболізму [11, 19, 26].

Сучасні наукові дослідження показують перспективність мікроводоростей як одних з найбільш ефективних продуцентів основних органічних речовин – протеїнів, ліпідів, вуглеводів, пігменти, вітамінів, тощо [19, 36]. Вони є джерелом для виробництва найрізноманітніших органічних та неорганічних речовин – від водню до складних полімерів. Мікроводорості вже давно використовуються як здорова їжа і біологічно активні добавки та корми для тварин в аквакультурі і сільському господарстві [2, 6, 8, 19, 26]. Також ці організми виявилися корисними для екологічного очищення газів і стічних вод [34]. Останнім часом через попит на поновлювані джерела енергії – біопаливо та біодизель, мікроводорості привернули безпрецедентний інтерес [14, 15, 17, 25]. Окрім цього, мікроводорості стали надійними об'єктами для експресії рекомбінантних протеїнів [9].

### **Використання водоростей в альтернативній енергетиці**

Сучасна енергетика ґрунтується на спалюванні нафтопродуктів, вугілля та природного газу, що забруднює атмосферу величезною кількістю CO<sub>2</sub>, метану, кислотоутворювальними оксидами азоту і сірки, завдаючи безпосередньої шкоди природі внаслідок посилення парникового ефекту [14]. Тому подальше використання цих горючих речовин як джерела енергії та палива є

нестійким через виснаження запасів та вплив на стан довкілля. Нові та перспективні процеси, які спрямовані на підвищення використання відновлювальних і вуглецевонейтральних видів палив, необхідні для екологічної та економічної стійкості [4, 30].

Найактуальнішим питанням є створення альтернативного безпечного палива – біодизелю. Сьогодні значну частку біодизелю отримують з олійних культур, відходів харчової промисловості та тваринних жирів, однак ці кількості не можуть реально задовільнити існуючий попит на транспортне паливо та суттєво виснажують ґрунти [4, 31].

Класичні види біопалива, які виготовляють із різної за походженням сировини для біомаси, поділяють первинні та вторинні, останні умовно ділять ще на 1-е, 2-е і 3-є покоління (рис. 1) [17, 28].

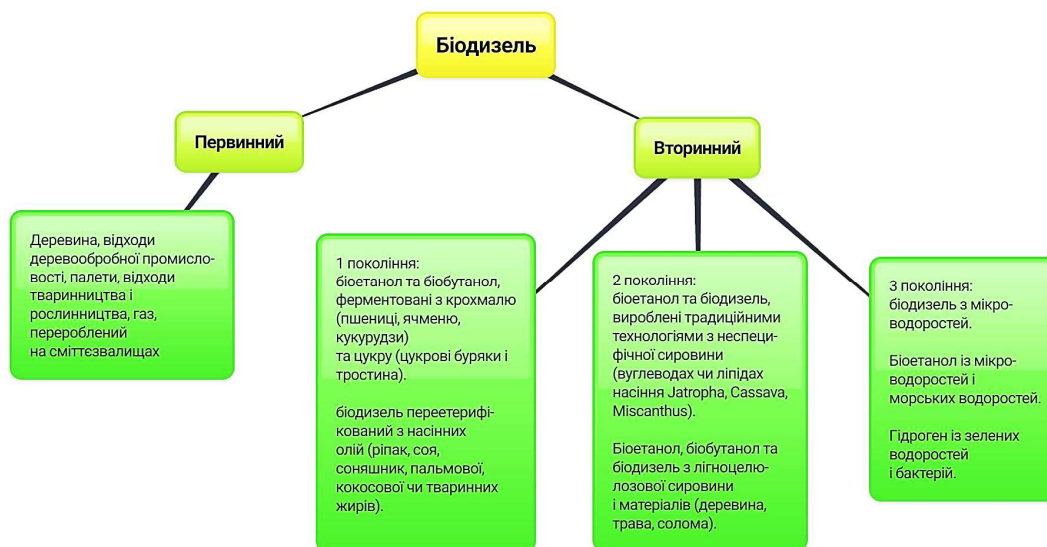


Рис. 1. Класифікація видів біопалива.

Оцінюючи витрати на виробництво біопалива 1-го покоління та частково 2-го, слід враховувати чинники, від яких залежить кінцева вартість продукту: землевпорядні роботи, агротехніка, виробництво пестицидів і добрив, зрошування, робота сільгоспмашин, подрібнювачів і транспортних засобів, а також енергетичні витрати на забезпечення технологічних та біохімічних процесів отримання етанолу [4, 30, 31].

Враховуючи останні наукові дослідження та багатообіцяючі результати експериментів, власне, мікроводорості, як представники 3-ого покоління біопалива, будуть найефективнішим поновлюваним джерелом біодизельного палива, яке здатне забезпечити потреби сучасного людства. Як і всі рослини, мікроводорості використовують сонячне світло та діоксид вуглецю для синтезу органічних речовин, але з вищим коефіцієнтом корисної дії, тому синтез та накопичення поживних речовин (насамперед, ліпідів і білків) на одиницю приросту біомаси у них є набагато ефективнішим, ніж у культурних рослин [28, 37].

Загальноприйняте інтегроване виробництво біопалива з мікроводоростей (рис. 2) включає цикл культурального вирощування (залежно від технічних умов та поставлених завдань), відбір та первинна обробка біомаси, після чого стадія руйнування клітин та екстракція ліпідів для отримання біодизельного палива шляхом переетерифікації [11, 17, 20].

Надзвичайно привабливою є екологічна перспектива використання мікроводоростей як сировини для виробництва біодизельного палива, що має ряд переваг: не містить сульфур, повністю розкладається мікроорганізмами і тому відносно нешкідливе для природного середовища [29, 32]. Потрапляючи у воду чи ґрунт, біодизель зазнає повної біодеградації менш, ніж за один місяць [32], а розміри частинок викидів на 30-40% менші, ніж у звичайного дизельного палива. Згідно з літературними даними [6], з одного гектара землі можна отримати 446 л соєвої олії, або 2 690 л пальмової, а з такої ж площі водної поверхні – до 90 000 л біодизелю.

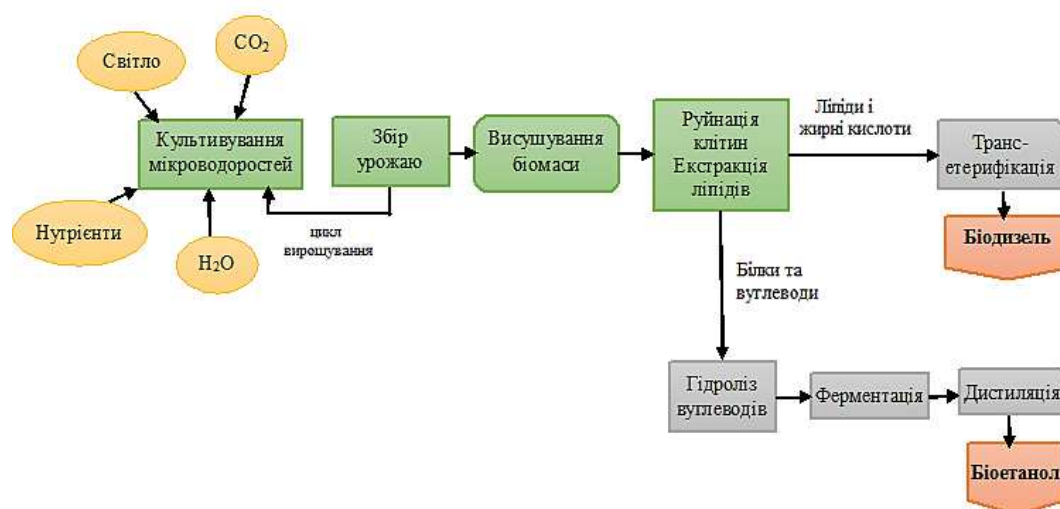


Рис. 2. Інтегрований процес виробництва біодизельного палива і біоетанолу з мікрободоростей

Окрім цього, особливістю мікрободоростей є те, що деякі види здатні синтезувати і виділяти цукри, вуглеводні або етанол назовні, у культуральне середовище, тобто енергетичні речовини можна отримати без порушення рослинних культур [4, 6].

Ще одним важливим чинником для використання мікрободоростей, як джерела поновлюваної енергетичної сировини, є їх висока урожайність та високий вміст ліпідів на одиницю сухої біомаси. Так, середній вміст ліпідів у клітинах водоростей коливається у *Botryococcus braunii* до 35%, *Chlamydomonas reinhardtii* – 21%, *Chlorella vulgaris*– 14-22%, *Euglena gracilis*– 14-20%, *Prymnesium parvum* – 22-39%, *Scenedesmus dimorphus* – до 40%, *Spirogyra sp.* – 15-21% від маси сухої речовини [37, 39]. Проте, за певних несприятливих або стресових умов вміст ліпідів може збільшуватися у деяких видів до 70% і навіть до 90% від сухої маси [19, 25].

У водоростей, як і у вищих рослин, містяться різноманітні види сполук ліпідної природи, серед них: неполярні ліпіди – триацилгліцероли, диацилгліцероли та неетерифіковані жирні кислоти, та полярні – глікозилгліцероли і фосфогліцероли. Мембранними ліпідами більшості органел водоростей є переважно фосфоліпіди, однак мембрани хлоропластів еукаріот та синьо-зелених водоростей, відповідальних за фотосинтез, представлені чотирма класами гліцероліпідів, з яких фосфоліпідом є лише один фосфатидигліцерол [1, 21]. Триацилгліцероли мікрободоростей є резервом енергії та характеризуються вмістом насичених і мононенасичених жирних кислот, проте деякі види водоростей здатні накопичувати і довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти [10, 12, 13].

Більшість водоростей здатні запасати досить велику кількість ліпідів у формі триацилгліцеролів до 57% (сумарних ліпідів), які відкладаються в цитоплазмі у вигляді великих крапель [12]. У клітинах, що активно діляться, частка триацилгліцеролів зазвичай є низькою, однак перехід водоростей у стаціонарну фазу росту чи вплив окремих стресових чинників може стимулювати їх нагромадження [1]. Посилений біосинтез триацилгліцеролів та відкладання їх у запас вважається одним з елементів первинної відповіді на ріст в умовах, коли кількість енергії, що надходить ззовні, перевищує можливості клітини утилізувати цю енергію під час росту й поділу клітин [33]. Для прокаріотичних синьо-зелених водоростей не властиве запасання ліпідів у формі триацилгліцеролів [1]; практично всі їх жирні кислоти входять до складу полярних ліпідів, які утворюють велику систему фотосинтетичних мембран [12]. Залишки жирних кислот, що входять до складу гліцероліпідів мікрободоростей, є надзвичайно важливими як для виконання ліпідами їх функцій, так і для цілеспрямованого використання водоростей у біотехнологіях фармацевтичних препаратів, біодизелю та кормо виробництві [21, 26].

Важливо відмітити, що якість біодизелю значно залежить від жирнокислотного складу вихідного матеріалу. З насичених жирних кислот у складі водоростей переважає пальмітинова, з ненасичених – пальмітоолеїнова (16:1) і ліноленова (18:3). Показово те, що загальна ненасиченість жирних кислот ліпідів мікроводоростей значно вища, ніж у пальмової олії, яка, однак, поступається соєвій. Слід зазначити, що жирнокислотний склад ліпідів мікроводоростей можна суттєво модифікувати фізико-хімічними умовами їх культивування [4, 5]. Зниження температури культивування, як і підвищення рівня освітленості, призводить до зростання частки ненасичених жирних кислот у хімічному складі водоростей. Разом з тим, змінюючи склад мінерального середовища культивування водоростей, або використовуючи інші фізико-хімічні впливи, можна регулювати інтенсивність та спрямованість біосинтезу ліпідів, співвідношення їх окремих класів та жирно кислотного складу, що є важливо для використання у біотехнології керування отримання корисних продуктів [3, 5]. Так, дія більшості іонів металів призводить до накопичення ліпідів і посилення біосинтезу окремих їх класів, особливо триацилгліцеролів і зростання вмісту жирних кислот. Зростання вмісту ліпідів, як загального так і окремих класів, виявлено за дії  $Cd^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  та  $Zn^{2+}$  на різні види мікроводоростей [3, 18, 27]. Також виявлено, що вміст ліпідів у *Chlorella minutissima* за дії  $Cd^{2+}$  та  $Cu^{2+}$  зростає відповідно на 21,07% і 93,90% порівняно з контрольними показниками [40]. В іншому дослідженні [27] показано, що загальний вміст ліпідів збільшується до 56,6% біомаси сухої маси у клітинах *Chlorella vulgaris* у фазі пізнього експоненціального росту після дводенного культивування в середовищі з відсутніми іонами феруму і повторного інокулювання в середовище з додаванням  $FeCl_3$  у концентрації  $1,2 \times 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>. Отже, встановлено, що йони металів викликають різноспрямовані зміни ліпідного складу клітин, що може бути пов'язане з різними механізмами їх дії на клітинний метаболізм та його адаптивні перебудови, що, скоріш за все, спрямовані на зменшення їх токсичного впливу.

#### Одноклітинні водорості як сировина для виготовлення БАД

Біологічно активними добавками є фізіологічно активні, безпечні речовини або сполуки, які повинні мати точні фізико-хімічні характеристики та науково обґрунтовані властивості, корисні для поліпшення та збереження здоров'я, установлені й схвалені норми щоденного вживання. Сприятливі ефекти, які БАДи можуть виявляти на організм, пов'язують із їх певними позитивними фізіологічними впливами на метаболізм різних субстратів (енергетичних інтермедіатів, глюкози, інсуліну, холестерину, глутатіону, триацилгліцеролів, тощо); захист проти прооксидантів; позитивний вплив на фізіологію шлунково-кишкового тракту та кишкової мікрофлори; активуючий вплив на імунну систему [2, 7, 22, 38].

Водорості є найбільш важливим та ефективним потенційним природним джерелом великої кількості біологічно активних речовин (табл.) широкого спектру дії (поліненасичені жирні кислоти, похідні хлорофілу, полісахариди, фукоїди, глюкани, пектини, галактани, альгінова кислота, вітаміни, амінокислоти, протеїни, ферменти, рослинні стерини, каротиноїди, мікроелементи, тощо) з високою можливістю для біотехнологічних процесів [16, 35].

Застосування сполук водоростевого походження у медицині й медичній промисловості сформувалося в три основні напрями [11, 16]:

1 – допоміжні хіміко-фармацевтичні речовини для виробництва різних лікарських форм медичних препаратів,

2 – медичні вироби у вигляді марлі, вати, серветок, губок, тощо для місцевого гемостазу при зовнішніх і внутрішньопорожнинних кровотечах,

3 – лікарські засоби та БАДи до їжі різноспрямованої дії.

Серед багатьох видів водоростей, як прісноводних, так і морських, найбільшої популярності досягли – *Spirulina*, *Chlorella*, *Nostoc*, *Laminaria*, *Dunaliella* та інші.

Деякі органічні речовини, які отримують з мікроводоростей для практичного використання [3, 6, 8, 12, 19, 22, 23, 24, 35, 36]

Сполука	Застосування	Водорість
<i>Ліпіди:</i> дигалактозилдиацил- гліцерол сульфоліпіди  триацилгліцероли  гліколіпіди  фосфоглікоацил- сфінгозин	протипухлинний ефект  пригнічення $\alpha$ -полімерази ДНК протівірусні препарати високоенергетичні сполуки, біопаливо  протівірусна і протизапальна дія  протитромбозна дія	<i>Phormidium tenue</i>  <i>Porphyridium cruentum</i> <i>Scytonema</i> sp. <i>Chlorella protothecoides</i> <i>Botryococcus braunii</i>  <i>Oscillatoria raoi</i> , <i>Oscillatoria</i> <i>trichoides</i> <i>Phormidium</i> sp. <i>Scytonema julianum</i>
<i>Ненасичені жирні кислоти:</i> ейкозапентаєнова кислота докозагексаєнова кислота  $\gamma$ -ліноленова кислота арахідонова кислота	харчові добавки, аквакорм дитячі суміші, харчові добавки, аквакорм харчові добавки  харчові добавки	<i>Pavlova</i> , <i>Phaeodactylus</i> <i>Cryptocodium</i> , <i>Schizochytrium</i>  <i>Spirulina</i> <i>Porphyridium</i>
<i>Фікобіліпротеїни:</i> фікоціанін  фікоеритрин	антиоксидант, барвник для продуктів харчування та косметичних засобів, флуоресцентний агент, засіб для біомедичних досліджень та діагностики	<i>Spirulina platensis</i>  <i>Porphyridium cruentum</i>
<i>Каротиноїди:</i> $\beta$ -каротин  астаксантин	харчовий барвник, антиоксидант, протиракові властивості пігмент, антиоксидант	<i>Dunaliella salina</i>  <i>Haematococcus pluvialis</i>
<i>Мікоспоринові амінокислоти</i>	УФ-фільтр, сонцезахисний ефект	<i>Aphanizomenon</i> <i>flos-aquae</i>
<i>Полісахариди</i>	протівірусні властивості, загущувач, флокулянт	<i>Porphyridium cruentum</i>
<i>Фікотоксини</i> окадаїкова кислота, ессотоксин, гоніаутоксин	експериментальні засоби для дослідження нейродегенеративних захворювань	Dinoflagellates ( <i>Amphidinium</i> , <i>Prorocentrum</i> , <i>Dinophysis</i> )
<i>Вітаміни та мікроелементи:</i> ціанокобаламін, йод, селен, цинк, залізо	регуляція метаболізму, гіповітаміноз	<i>Spirulina platensis</i> <i>Chlorella vulgaris</i>

Практичне значення спіруліни, як біодобавки, полягає у високому вмісті білків, ліпідів, ліноленової кислоти, вітамінів (особливо  $B_{12}$ ), антиоксидантних сполук (каротиноїдів і фікоціанінів), мінералів (Mn, Zn, Se, I). Є дослідження, які підтверджують позитивний ефект препаратів із спіруліни при лікуванні анемії, серцево-судинних захворювань, гіпертензій, онкологічних захворювань. Сьогодні

має місце масштабне промислове культивування *Spirulina* у відкритих водоймах у Китаї, США, Індії, Малайзії до 4000 т на рік [35].

Водорості *Nostoc flagelliforme* і *Nostoc sphaeroides* жителі Китаю вживали ще 2000 років тому для профілактики та лікування діареї, гепатиту, гіпертензій. Ці види містять значну кількість білка, амінокислот (серед яких 8 є незамінними) та пігментів (хлорофілу і фікоціаніну) [16].

Хлорела є однією з найперспективніших мікроводоростей, яку масово культивують для промислового виробництва нутрицевтиків у формі таблеток чи порошку. Перший експериментальний завод для виробництва продукції з хлорели був запущений в 1961 році у Японії, далі – у США, Ізраїлі, Чехословаччині. До 1980 року створено майже 46 заводів, які виробляли понад 1000 кг хлорели біомаси на місяць. Цінність *Chlorella* обумовлена, передусім, високим вмістом білків та ліпідів (відповідно до 51-58% і 20-23% сухої ваги), каротиноїдів та, майже, повноцінним набором вітамінів. Окрім цього, водорість містить  $\beta$ -глюкан, який є активним імуностимулятором, і проявляє антиоксидантні властивості та ефект у зниженні ліпідів крові [24].

У багатьох країнах – Австралії, Ізраїлі, США і Китаї – зелену водорість *Dunaliella salina* культивують у відкритих водоймах для виробництва  $\beta$ -каротину. Цієї сполуки може утворюватися до 14% від сухої біомаси водоростей. Було показано, що  $\beta$ -каротин з *Dunaliella* має вищу антиоксидантну активність, ніж синтетичні аналоги, проявляє антисклеротичний ефект, пригнічує окислення ліпідів низької щільності та захищає організм від впливу УФ-променів [23].

Отже, перевага використання мікроводоростей для синтезу біоактивних молекул, в тому, що їх можна вирощувати на великомасштабному виробництві із регульованими та наперед спрямованими метаболічними процесами. Геномні наукові проекти дозволили створити трансгенні мікроводорості, такі як *Alexandrium*, *Chlamydomonas*, *Nostoc* та *Synechococcus*, для виробництва нових лікарських препаратів та ефективніших нутрицевтиків [9].

В останні роки активно досліджуються молекулярні та метаболічні механізми регульованого біосинтезу біологічно активних речовин – косметичних та фармацевтичних препаратів і компонентів біопалива водоростями в аквакультурі шляхом встановлення оптимального поєднання умов їх культивування та зовнішніх регуляторних чинників у таких напрямках:

- 1) генетичний аналіз та відбір організмів-агентів аквакультури, здатних ефективно синтезувати біологічно активні речовини;
- 2) встановлення оптимальних режимів освітлення, кисневого, вуглекислотного, азотного та фосфорного режимів і концентрацій йонів есенціальних металів та неметалів – регуляторів росту і розвитку, насамперед біосинтезу ліпідів та низькомолекулярних метаболітів;
- 3) встановлення рівня активності та спрямованості енергетичного, вуглеводного, азотистого та ліпідного метаболізму у клітинах відібраних потенційно біотехнологічно придатних водоростей та обґрунтування на їх основі технології регулювання біосинтезу біологічно активних сполук фізико-хімічними чинниками культивування;
- 4) дослідження кількісного та якісного складу вуглеводів, білків, ліпідів та низькомолекулярних метаболітів за дії визначених фізико-хімічних чинників;
- 5) розроблення технологій культивування, отримання біологічно активних речовин в аквакультурі та оцінка їх біологічної активності.

Отже, одноклітинні водорості здатні до високої метаболічної активності і пластичності, що регулюються зміною фізико-хімічних умов середовища існування і сприяють як розмноженню (наростанню біомаси), так і накопиченню в їх клітинах біологічно активних речовин. Окрім цього, водорості мають здатність активно акумулювати неорганічні сполуки як неметалів, так і металів, завдяки чому мікроелементи накопичуються в кількостях, що в рази перевищують їх вміст у середовищі існування [3]. Деякі чинники є активаторами біосинтезу ліпідів, що використовуються, передусім, як компоненти біопалива, фармацевтичні та косметичні засоби. Тому найважливішим завданням є з'ясування механізму біохімічних адаптацій до чинників водного середовища, які зумовлюють перебудову ліпідного метаболізму,

та встановити можливі шляхи регуляції і моделювання біосинтезу окремих класів ліпідів із метою отримання біотехнологічно-корисних продуктів.

1. Басова М. М. Жирнокислотный состав липидов некоторых видов микроводорослей / М. М. Басова // Альгология. — 2005. — Т. 15, № 4. — С. 415—436.
2. Богданов Н. И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н.И. Богданов. — Пенза: изд-во ВНИИОЗ, 2007. — 48 с.
3. Вінярська Г. Б. Накопичення селену та його вплив на метаболізм у *Chlorella vulgaris* Beij. в культурі за дії селеніту натрію та йонів металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.04 «Біохімія» / Г.Б. Вінярська — Тернопіль, 2016. — 24 с.
4. Золотарьова О. Куди прямує біопаливна індустрія? / О. Золотарьова, Є. Шнюкова // Вісн. НАН України. — 2010. — № 4. — С. 10—20.
5. Луців А. І. Регуляція біосинтезу ліпідів у *Chlorella vulgaris* Beij. іонами металів та нафтопродуктами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.04 «Біохімія» / А. І. Луців. — Тернопіль, 2015. — 24 с.
6. *Перспективи використання микроводорослей в біотехнології* / за ред. О.К. Золотарьової. — К.: Альтерпрес, 2008. — 234 с.
7. Сімахіна Г. Інновації у харчових технологіях / Г. Сімахіна, Н. Науменко // Товари і ринки. — 2015. — №1. — С. 189—201.
8. Abd El B. Healthy Benefit of Microalgal Bioactive Substances / El B. Abd, G.S. El-Baroty // Journal of Aquatic Science. — 2013. — Vol. 1, No. 1. — P. 11—23.
9. *Algae and genetic modification: Research, production and risks* / C. Enzing, A. Nooijen — Food and Biobased Research: Wageningen UR, 2012. — 84 p.
10. Alonso D. L. Acyllipids of three microalga / D. L. Alonso, E.-H. Belarbi, J. Rodríguez-Ruiz // Phytochemistry. — 1998. — Vol. 47. — P. 1473—1481.
11. Bajpai R. Algal Biorefineries. Volume 1: Cultivation of Cells and Products / R. Bajpai, A. Prokop, M. Zappi – Springer Heidelberg London, 2014. — 331 p.
12. Behrens P. W. Microalgae as a source of fatty acids / P. W. Behrens, D. J. Kyle // J. Food Lipids. — 1996. — Vol. 3, No 4. — P. 259—272.
13. Bigogno C. Accumulation of arachidonic acid rich triacylglycerols in the microalga *Parietochlorisincisa* / C. Bigogno, I. Khozin-Goldberg, Z. Cohen // Phytochemistry. — 2002. — Vol. 60. — P. 135—143.
14. Borowitzka M.A. Techno-economic modeling biofuels from microalgae // *Algae for biofuel and energy*. — Dordrecht London: Springer, 2013. — P. 255—264.
15. Chisti Y. Biodiesel from microalgae / Y. Chisti // Biotechnology Advances. — 2007. — Vol. 25. — P. 294—306.
16. Chu Wan-Loy Biotechnological applications of microalgae / Wan-Loy Chu // IeJSME. — 2012. — Vol. 6 (S. 1). — P. 24—37.
17. Dragone G. Third generation biofuels from microalgae / G. Dragone, B. Fernandes, A. Vicente // Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. – FORMATEX: Microbiology Series № 2. — 2010. — P. 1355—1366.
18. Einicker-Lamas M. Euglena gracilis as a model for the study of Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> toxicity and accumulation in eukaryotic cells / M. Einicker-Lamas, G. A. Mezian, T. B. Fernandes // Environ. Pollut. — 2002. — Vol. 120. — P. 779—786.
19. *Handbook of microalgal culture: Applied Phycology and Biotechnology* / Ed. Amos Richmond, Qiang Hu. — Oxford : Wiley&Sons, Ltd, 2013. — 726 p.
20. Harun R. Microalgae biomass as a fermentation feedstock for bioethanol production / R. Harun, M. Danquah, G. Forde / J. Chem. Technol. Biotechnol. — 2009. — Vol. 85, No 2. — P. 199—203.
21. Harwood J. L. Lipid metabolism in algae / J. L. Harwood, A. L. Jones // Adv. Bot. Res. — 1989. — Vol. 16. — P. 1—53.
22. Hemaiswarya S. Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture / S. Hemaiswarya, R. Raja, K. Ravi // World J. Microbiol. Biotech. — 2011. — Vol. 27, N. 8. — P. 1737—1746.
23. Hu C. Determination of carotenoids in *Dunaliella salina* cultivated in Taiwan and antioxidant capacity of the algal carotenoid extract / [C. Hu, J. Lin, F. Lu, et al.] // Food Chem. J. — 2008. — Vol. 109. — P. 439—446.
24. Iwamoto H. Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products – major industrial species *Chlorella* // In: Richmond A., ed. *Handbook of microalgal culture*. – UK: Blackwell Science, 2004. – P. 255—263.



25. Khan S. A. Prospects of biodiesel production from microalgae in India / S. A. Khan, M. Z. Rashmi, S. Prasad, U. C. Banerjee // *Renew. Sustain. Energy Rev.* — 2009. — Vol. 13. — P. 2361—2372.
26. Liu J. Recent Advances in Microalgal Biotechnology / J. Liu, Zh. Sun, H. Gerken / Published by OMICS Group eBooks, 2016. — 232 p.
27. Liu Z. Y. Effect of iron on growth and lipid accumulation in *Chlorella vulgaris* / Z. Y. Liu, G. C. Wang, B. C. Zhou // *Bioresour. Technol.* — 2008. — Vol. 99. — P. 4717—4722.
28. Nigam P.S. Production of liquid biofuels from renewable resources / P. S. Nigam, A. Singh // *Progress in Energy and Combustion Science.* — 2011. — Vol. 37, No. 1. — P. 52—68.
29. Olivier D. An algae based fuel / D. Olivier // *Biofuture.* — 2005. — № 255. [Електр. ресурс]
30. Ponti L. Overview on Biofuels from a European Perspective / L. Ponti, A. P. Gutierrez // *Bull. Sci. Tech. Soc.* — 2009. — Vol. 29, No 6. — P. 493—504.
31. Prokop A. Algal Biorefineries. Volume 2: Products and Refinery Design / A. Prokop, R. Bajpai, M. Zappi — Springer New York, 2014. — 553 p.
32. Robertson G. P. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere / G. P. Robertson, E. A. Paul, R. R. Harwood // *Science.* — 2000. — Vol. 289, No 5486. — P. 1922—1925.
33. Roessler P. Environmental control on glycerolipid metabolism in microalgae: commercial implications and future research directions / P. Roessler // *J. Phycol.* — 1990. — Vol. 26, No 3. — P. 393—399.
34. Shen Y. Culture of microalga *Botryococcus* in livestock wastewater / Y. Shen, W. Yuan, Z. Pei // *American Society of Agricultural and Biological Engineers.* — Vol. 51(4). — P. 1395—1400.
35. Skulberg O. M. Bioactive chemicals in microalgae / Richmond A., ed. / *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology.* — Oxford: Blackwell Science, 2004. — P. 485—512.
36. Spolaore P. Commercial applications of microalgae / P. Spolaore, E. Duran, A. Isambert // *J. Biosci. Bioeng.* — 2006. — Vol. 101, No 2. — P. 87—96.
37. Sydney E. B. Potential carbon dioxide fixation by industrially important microalgae / E. B. Sydney, W. Sturm, J. C. de Carvalho // *Bioresource Technology.* — 2010. — Vol. 101. — P. 5892—5896.
38. Tang G. Vitamin A, Nutrition, and Health Values of Algae: *Spirulina*, *Chlorella*, and *Dunaliella* / G. Tang, P. M. Suter // *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences.* — 2011. — Vol. 1. — P. 111—118.
39. Um B.-H. Review: A chance for Korea to advance algal-biodiesel technology / B.-H. Um, Y.-S. Kim // *J. of Indust. and Eng. Chem.* — 2009. — Vol. 15. — P. 1—7.
40. Yang J. Lipid production combined with biosorption and bioaccumulation of cadmium, copper, manganese and zinc by oleaginous microalgae *Chlorella minutissima* UTEX2341 / J. Yang, J. Cao, G. Xing // *Bioresource Technology.* — 2014. — Vol. 175. — P. 537—544.

*О. И. Боднар*

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

#### БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ (ОБЗОР)

Рассмотрены основные современные направления практического использования микроводорослей. Наиболее перспективным и актуальным является создание и оптимизация технологии производства из одноклеточных водорослей биодизеля как возобновляемого и безопасного для окружающей среды источника энергии. Культивирование микроводорослей осуществляется при соответствующих физико-химических, технических и климатических условиях с использованием различных методик, регулирующих и модифицирующих процессы прироста биомассы и синтеза органических веществ, в частности липидов. Также проанализированы данные по биохимическому составу водорослей и их активных компонентов, которые используются для получения биологически активных веществ с лечебной или профилактической целью в фармацевтической, косметической и ветеринарной практике.

*Ключевые слова:* водоросли, культивирование, аквакультура, биодизель, биологически активные вещества

*O. I. Bodnar*

Volodymyr Gnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**BIOTECHNOLOGICAL PROSPECT APPLYING OF MICROALGAE: MAIN TRENDS (REVIEW)**

Unicellular algae are photosynthetic microorganisms are capable of growth and reproduction in different aquatic environments, namely in fresh and marine waters, hot springs, wastewater in of the industrial, agricultural and municipal origin. For many types of microalgae habitat is the soil, rocks, glaciers and other representatives of the living world. Therefore, algae are among the most common species on the planet. This indicates an extremely wide margin of adaptive processes and metabolic lability of them, which are easily tunable, adapting to environmental conditions and continue their life cycle.

Modern scientific research shows promise of algae as one of the most efficient producers of basic organic substances - proteins, lipids, carbohydrates, pigments, vitamins, and more. They are a source for the production of a variety of organic and inorganic substances, from hydrogen to complex polymers.

The article deals with basic modern directions of practical use of microalgae. The most promising and important is the creation and optimization of the production technology of unicellular algae biodiesel. Recently, due to the demand for renewable energy - biofuels and biodiesel microalgae attracted unprecedented interest. This is a renewable and environmentally friendly source of energy. The cultivation of microalgae carried out by appropriate physical, chemical, technical and climatic conditions using various methods. They regulate and modify the processes of growth and biomass synthesis of organic compounds, including lipids.

Also analyzed data on the biochemical composition of algae (mainly lipid and protein origin, pigments, etc.) and their active ingredients are used to produce biologically active substances for therapeutic or prophylactic purpose in the pharmaceutical, cosmetic and veterinary practice. Microalgae have long been used as a health food and dietary supplements and as animal feed in aquaculture and agriculture.

Beneficial effects of algae dietary supplements are in positive physiological effects on the metabolism of various substrates (energy intermediates, glucose, insulin, cholesterol, glutathione, triacylglycerol, etc.), protection from pro-oxidant, positive effect on the physiology of the digestive tract and intestinal microflora, activating effect on the immune system.

As well, these microorganisms can be useful for ecological gas cleaning and waste water. In addition, microalgae have become reliable targets for the expression of recombinant proteins.

*Keywords: algae cultivation, aquaculture, biodiesel, biologically active supplements*

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 15.02.2017

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Збірник "Наукові записки ... Серія: Біологія", що видається в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка, затверджений постановою президії ВАК України від 10.03.10, протокол № 1-05/2.

У збірнику статті публікуються за такими розділами:

**Ботаніка**  
**Біотехнологія**  
**Гідробіологія**  
**Екологія**  
**Біохімія**  
**Морфологія та фізіологія людини і тварин**  
**Огляди**  
**Історія науки. Персоналії**  
**Втрати освіти і науки**  
**Теоретичні питання**  
**Загальні проблеми**  
**Повідомлення, рецензії, хроніка**

Статті в збірнику друкуються українською, або англійською мовами. До статті додається авторська довідка, в якій вказується:

- 1) прізвище, ім'я, по-батькові автора (авторів);
- 2) науковий ступінь авторів, вчене звання, посада;
- 3) адреси і телефони (домашні і службові);
- 4) якщо авторів кілька, вказати, з ким із них вести листування.

До статті додається рекомендація установи (кафедри) про можливість опублікування наукових результатів дослідження, висновок експертної комісії про можливість опублікування статті, а також рецензія від доктора наук у цій галузі. Статті аспірантів та пошукувачів повинні супроводжуватися відгуком наукового керівників. Редакційна колегія збірника просить авторів дотримуватись єдиних правил при оформленні та поданні матеріалів до друку:

1. Матеріали подаються на диску CD або надсилаються електронною поштою на адресу: **ksjynja\_13@ukr.net**. Текст подається у вигляді файлу (MS Word). Малюнки подаються додатково у вигляді окремих файлів форматів TIFF, BMP або PCX. Графіки і діаграми подаються додатково у вигляді окремих файлів: MS WordGraf, CorelDRAW! або Adobe Illustrator.

2. До редакції подаються 2 примірники статті, надрукованої через 1.5 інтервали шрифтом Times New Roman (кегель – 14 пт.) на одному боці паперу формату А4. Друк повинен бути чітким. Поля: зверху – 2.5 см, знизу – 2.5 см, зліва – 2.5 см, справа – 2.5 см.

3. Об'єм статті не повинен бути меншим, ніж 5, і не більшим, ніж 12 сторінок машинопису.

4. Статті, оформлені не за правилами, редакцією не приймаються.

**ЗАГАЛЬНИЙ ПОРЯДОК РОЗМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛУ**

УДК

ІНІЦІАЛИ, ПРІЗВИЩЕ АВТОРА (АВТОРІВ)

Назва установи

Адреса установи

**НАЗВА СТАТТІ**

Резюме українською

Ключові слова (не більше 10-ти)

Власне текст

Список літератури

Резюме російською та англійською мовами (англійською мовою – 2500-3000 знаків). Резюме включають прізвище автора (авторів), назву установи, назву статті, текст резюме та ключові слова. Не допускається електронний переклад англійської анотації.

Для статей експериментального характеру передбачаються такі розділи:

**Вступ. Матеріал і методи досліджень. Результати досліджень та їх обговорення.**

**Висновки.**

**ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ**

Всі особливі знаки, а також літери грецького та інших алфавітів, необхідно чітко віддрукувати відповідним знаком на комп'ютері.

Малюнки і текстові таблиці слід нумерувати арабськими цифрами. В порядку першої згадки писати скорочено: рис. 1, табл. 1 і т.д. Якщо малюнок один чи таблиця одна, то у тексті пишеться (таблиця), (рисунок).

Латинські назви таксономічних одиниць наводяться за найновішими джерелами (це не стосується розуміння меж таксонів). Повні латинські назви видів та прізвища авторів треба називати лише один раз при першій згадці, далі за текстом подається скорочений варіант, наприклад:

Типовим видом для цього угруповання є *Fragaria vesca* L. *F. vesca* L. може траплятись... і т. д.

**ПРИКЛАДИ ОФОРМЛЕННЯ БІБЛІОГРАФІЧНОГО СПИСКУ ЗГІДНО З ВИМОГАМИ ВАК УКРАЇНИ (Бюлетень ВАК України. - 2008. - № 3. - С. 9-13.)**

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Книги: Один автор	<p>1. Василій Великий. Гомілії / Василій Великий ; [пер. з давньогрец. Л. Звонська]. — Львів : Свічадо, 2006. — 307 с. — (Джерела християнського Сходу. Золотий вік патристики IV—V ст.; № 14).</p> <p>2. Коренівський Д. Г. Дестабілізуючий ефект параметричного білого шуму в неперервних та дискретних динамічних системах / Коренівський Д. Г. — К.: Ін-т математики, 2006. — 111 с. — (Математика та її застосування) (Праці / Ін-т математики НАН України ; т. 59).</p> <p>3. Матюх Н. Д. Що дорожче срібла-золота / Наталія Дмитрівна Матюх. — К.: Асамблея діл. кіл : Ін-т соц. іміджмейкінгу, 2006. — 311 с. — (Ювеліри України: т. 1).</p> <p>4. Шкляр В. Елементал : [роман] / Василь Шкляр. — Львів : Кальварія, 2005. — 196, [1] с. — (Першотвір).</p>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<p>Два автори</p>	<p>1. Матяш І. Б. Діяльність Надзвичайної дипломатичної місії УНР в Угорщині : історія, спогади, арх. док. / І. Матяш, Ю. Мушка. — К. : Києво-Могилян. акад., 2005. — 397, [1] с. — (Бібліотека наукового щорічника "Україна дипломатична": вип. 1).</p> <p>2. Ромовська З. В. Сімейне законодавство України / З. В. Ромовська, Ю. В. Черняк. — К. : Прецедент, 2006. — 93 с. — (Юридична бібліотека. Бібліотека адвоката) (Матеріали до складання кваліфікаційних іспитів для отримання Свідоцтва про право на заняття адвокатською діяльністю ; вип. 11).</p> <p>3. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. — Львів: Растр-7, 2007. — 375 с.</p>
<p>Три автори</p>	<p>1. Акофф Р. Л. Идеализированное проектирование: как предотвратить завтрашний кризис сегодня. Создание будущего организации / Акофф Р. Л., Магидсон Д., Эддисон Г. Д. : пер. с англ. Ф. П. Тарасенко. — Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2007. — XLIII, 265 с.</p>
<p>Чотири автори</p>	<p>1. Методика нормування ресурсів для виробництва продукції рослинництва / [Вітвіцький В. В., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В., Нечипорук А. А.]. — К.: НДІ "Укראгропромпродуктивність", 2006. — 106 с. — (Бібліотека спеціаліста АПК. Економічні нормативи).</p> <p>2. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу : [підруч. для учнів проф.-техн. навч. закл.] / О. В. Гвоздев, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогач, М. М. Сердюк. — К. : Вища освіта, 2006. — 478, [1] с. — (ПТО: Професійно-технічна освіта).</p>
<p>П'ять і більше авторів</p>	<p>1. Психология менеджмента / [ Власов П. К., Липницкий А. В., Луцких И. М и др.]; под ред. Г. С. Никифорова. — [3-е изд.]. — Х. : Гуманитар. центр. 2007.— 510 с.</p> <p>2. Формування здорового способу життя молоді : навч.-метод. посіб. для працівників соц. служб для сім'ї, дітей та молоді / [Т. В. Бондар, О. Г. Карпенко, Д. М. Дикова-Фаворська та ін.]. — К. : Укр. ін-т соц. дослідж., 2005. — 115 с.— (Серія "Формування здорового способу життя молоді": у 14 кн., кн. 13).</p>
<p>Без автора</p>	<p>1. Історія Свято-Михайлівського Золотоверхого монастиря / [авт. тексту В. Клос]. — К. : Грані-Т, 2007. — 119 с. — (Грані світу).</p> <p>2. Воскресіння мертвих : українська барокова драма : антологія / [упорядкув., ст., пер. і прим. В. О. Шевчук]. — К.: Грамота, 2007. — 638, [1] с.</p> <p>3. Тіло чи особистість? Жіноча тілесність у вибраній малій українській прозі та графіці кінця ХІХ — початку ХХ століття : [антологія / упоряд.: Л. Таран, О. Лагутенко]. — К.: Грані-Т, 2007. — 190, [1] с.</p> <p>4. Проблеми типологічної та квантитативної лексикології : [зб.наук.праць / наук. ред. Каліущенко В. та ін.]. — Чернівці : Рута, 2007. — 310 с.</p>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<p>Багатотомний документ</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Історія Національної академії наук України, 1941—1945 / [упоряд. Л. М. Яременко та ін.], — К. : Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського, 2007. — (Джерела з історії науки в Україні). Ч. 2: Додатки — 2007. — 573, [1] с.</li> <li>2. Межгосударственные стандарты : каталог в 6 т. / [сост. Ковалева И. В., Рубцова Е. Ю.: ред. Иванов В. Л.]. — Львов : НТЦ "Леонорм-Стандарт", 2005— (Серия "Нормативная база предприятия"). Т. 1. — 2005.—277 с.</li> <li>3. Дарова А. Т. Неисповедимы пути Господни...: (Дочь врага народа): трилогия / А. Дарова. — Одесса : Астропринт, 2006.— (Сочинения : в 8 кн. /А. Дарова; кн. 4).</li> <li>4. Кучерявенко Н. П. Курс налогового права : Особенная часть : в 6 т. / Н. П. Кучерявенко.— Х.: Право, 2002.— Т. 4: Косвенные налоги. — 2007. — 534 с.</li> <li>5. Реабілітовані історією. Житомирська область: [у 7 т.]. — Житомир: Полісся, 2006—. — (Науково-документальна серія книг "Реабілітовані історією": у 27 т. / голов. редкол.: Тронько П. Т. (голова) [та ін.]). Кн. 1 / [обл. редкол.: Синявська І. М. (голова) та ін.]. —2006. — 721, [2] с.</li> <li>6. Бондаренко В. Г. Теорія ймовірностей і математична статистика. Ч.1 /В. Г. Бондаренко, І. Ю. Канівська, С. М. Парамонова. — К. : НТУУ "КПІ", 2006. — 125 с.</li> </ol>
<p>Матеріали конференцій, з'їздів</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Економіка, менеджмент, освіта в системі реформування агропромислового комплексу: матеріали Всеукр. конф. молодих учених-аграрників ["Молодь України і аграрна реформа"], (Харків, 11—13 жовт. 2000 р.) / М-во аграр. політики, Харк. держ. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. — Х. : Харк. держ. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва, 2000. — 167 с.</li> <li>2. Кібернетика в сучасних економічних процесах: зб. текстів виступів на республік. міжвуз. наук.-практ. конф. / Держкомстат України, Ін-т статистики, обліку та аудиту. — К. : ІСОА, 2002. — 147 с.</li> <li>3. Матеріали ІХ з'їзду Асоціації українських банків. 30 червня 2000 р. інформ. бюл. — К. : Асоц. укр. банків, 2000. — 117 с. — (Спецвип.: 10 років АУБ).</li> <li>4. Оцінка й обґрунтування продовження ресурсу елементів конструкцій: праці конф., 6—9 черв. 2000 р., Київ. Т. 2 / відп. ред. В. Т. Трощенко. — К. :НАН України. Ін-т пробл. міцності, 2000. — С. 559—956, XIII. [2] с. — (Ресурс 2000).</li> <li>5. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій : зб. наук праць / наук. ред. В. І. Моссаковський. —Дніпропетровськ : Навч. кн., 1999. — 215 с.</li> <li>6. Ризикологія в економіці та підприємстві : зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 берез. 2001 р. / М-во освіти і науки України, Держ податк. адмін. України [та ін.]. — К. : КНЕУ : Акад. ДПС України, 2001. — 452 с.</li> </ol>
<p>Препринти</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Шиляев Б. А. Расчеты параметров радиационного повреждения материалов нейтронами источника ННЦ ХФТИ/ANL USA с подкритической сборкой, управляемой ускорителем электронов / Шиляев Б. А., Воеводин В. Н. — Х. ННЦ ХФТИ, 2006. — 19 с. — (Препринт / НАН Украины. Нац. науч. центр "Харьк. физ.-техн. ин-т" ; ХФТИ 2006-4).</li> <li>2. Панасюк М. І. Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма-методами / Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Сплошной Б. М. — Чорнобиль: Ін-т пробл. безпеки АЕС НАН України, 2006. — 7. [1] с. — (Препринт / НАН України. Ін-т пробл. безпеки АЕС: 06-1).</li> </ol>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<p>Депоновані наукові праці</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Социологическое исследование малых групп населения / В. И. Иванов [и др]; М-во образования Рос. Федерации. Финансовая академия.- М., 2002. — 110 с. — Деп. в ВИНТИ 13.06.02. № 145432.</li> <li>2. Разумовский В. А. Управление маркетинговыми исследованиями в регионе / В. А. Разумовский, Д. А. Андреев. – М., 2002. — 210 с. — Деп. в ИНИОН Рос. Акад.. наук 15.02.02, № 139876.</li> </ol>
<p>Словники</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Географія : словник-довідник / [авт.-уклад. Ципін В. А.]. — Х. : Халімон, 2006. — 175, [1] с.</li> <li>2. Тимошенко З. І. Болонський процес в дії : словник-довідник основ, термінів і понять з орг. навч. процесу у вищ. навч. закл. / З. І. Тимошенко, О. І. Тимошенко. — К. : Європ. ун-т, 2007. — 57 с.</li> <li>3. Українсько-німецький тематичний словник [уклад. Н. Яцко та ін.]. — К. : Карпенко, 2007. — 219 с.</li> <li>4. Європейський Союз : словник-довідник / [ред.-упоряд. М. Марченко]. — 2-ге вид., оновл. — К. : К.І.С., 2006. — 138 с.</li> </ol>
<p>Атласи</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Україна : екол.-геогр. атлас : присвяч. всесвіт. дню науки в ім'я миру та розвитку згідно з рішенням 31 сесії ген. конф. ЮНЕСКО / [наук, редкол.: С. С. Куруленко та ін.] ; Рада по вивч. продукт. сил України НАН України [та ін]. — / [наук, редкол.: С. С. Куруленко та ін.].— К. : Варта, 2006. — 217. [1] с.</li> <li>2. Анатомія пам'яті: атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті : посіб. для студ. та лікарів / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. — 2-ге вид., розшир. та доповн. — Дніпропетровськ : Пороги, 2005. — 218 с.</li> <li>3. Куерда Х. Атлас ботаніки / Хосе Куерда ; [пер. з ісп. В. Й. Шовкун]. — Х.: Ранок, 2005. — 96 с.</li> </ol>
<p>Законодавчі та нормативні документи</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кримінально-процесуальний кодекс України : за станом на 1 груд. 2005 р. / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Парлам. вид-во, 2006. — 207 с. — (Бібліотека офіційних видань).</li> <li>2. Медична статистика статистика : зб. нормат. док. / упоряд. та голов. ред. В. М. Заболотько. — К. : МНІАЦ мед. статистики : Медінформ, 2006. — 459 с.— (Нормативні директивні правові документи).</li> <li>3. Експлуатація, порядок і терміни перевірки запобіжних пристроїв посудин, апаратів і трубопроводів теплових електростанцій : СОУ-Н ЕЕ 39.501:2007. — Офіц. вид. — К. : ГРІФРЕ : М-во палива та енергетики України, 2007. — VI, 74 с. — (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Інструкція).</li> </ol>
<p>Стандарти</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Показчик та огляд (ISO 7000:2004, IDT) : ДСТУ ISO 7000:2004. — [Чинний від 2006-01-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — IV, 231 с. — (Національний стандарт України).</li> <li>2. Якість води. Словник термінів : ДСТУ ISO 6107-1:2004 — ДСТУ ISO 6107- 9:2004. — [Чинний від 2005-04-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2006. — 181 с. — (Національні стандарти України).</li> <li>3. Вимоги щодо безпечності контрольно-вимірального та лабораторного електричного устаткування. Частина 2-020. Додаткові вимоги до лабораторних центрифуг (EN 61010-2-020:1994, IDT) : ДСТУ EN 61010-2- 020:2005. — [Чинний від 2007-01-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — IV, 18 с. — (Національний стандарт України).</li> </ol>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Каталоги	<p>1. Межгосударственные стандарты : каталог : в 6 т. / [сост. Ковалева И. В., Павлюкова В. А. ; ред. Иванов В. Л.]. — Львов : НТЦ "Леонорм-стандарт", 2006— . — (Серия "Нормативная база предприятия").</p> <p>Т. 5. — 2007 — 264 с.</p> <p>Т. 6.— 2007. — 277 с.</p> <p>2. Памятки історії та мистецтва Львівської області : каталог-довідник / [авт.-упоряд. М. Зобків та ін.]. — Львів : Новий час, 2003. — 160 с.</p> <p>3. Університетська книга : осінь, 2003 : [каталог]. — [Суми : Унів. кн., 2003]. —11 с.</p> <p>4. Горницкая И. П. Каталог растений для работ по фитодизайну / Горницкая И. П., Ткачук Л. П. — Донецк: Лебедь, 2005. — 228 с.</p>
Бібліографічні покажчики	<p>1. Куц О. С. Бібліографічний покажчик та анотації кандидатських дисертацій, захищених у спеціалізованій вченій раді Львівського державного університету фізичної культури у 2006 році / О. Куц, О. Вацеба. — Львів : Укр. технології, 2007.—74 с.</p> <p>2. Систематизований покажчик матеріалів з кримінального права, опублікованих у Віснику Конституційного Суду України за 1997—2005 роки / [уклад. Кириш Б. О., Потлань О. С]. — Львів : Львів. держ. ун-т внутр. справ, 2006. — 11с. — (Серія: Бібліографічні довідники ; вип. 2).</p>
Дисертації	<p>1. Петров П. П. Активність молодих зірок сонячної маси: дис. ... доктора фіз.- мат, наук : 01.03.02 / Петров Петро Петрович. — К., 2005. — 276 с.</p>
Автореферати дисертацій	<p>1. Новосад І. Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / І. Я. Новосад. — Тернопіль, 2007. — 20. [1] с</p> <p>2. Нгуен Ші Данг. Моделювання і прогнозування макроекономічних показників в системі підтримки прийняття рішень управління державними фінансами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 “Автоматиз. системи упр. та прогрес інформ. технології” / Нгуен Ші Данг. — К., 2007.—20 с.</p>
Авторські свідоцтва	<p>1. А. с. 1007970 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин (СССР). — №3360585/25—08; заявл. 23.11.81 : опубл. 30.03.83, Бюл. № 12.</p>
Патенти	<p>1. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В. И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. - № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 : опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.).</p>



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

<p>Частина книги періодичного, продовжаного видання</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Козіна Ж. Л. Теоретичні основи і результати практичного застосування системного аналізу в наукових дослідженнях в області спортивних ігор / Ж. Л. Козіна // Теорія та методика фізичного виховання. — 2007. — № 6. — С. 15—18, 35—38.</li> <li>2. Гранчак Т. Інформаційно-аналітичні структури бібліотек в умовах демократичних перетворень/ Тетяна Грінчак, Валерій Горовий // Бібліотечний вісник. — 2006. — № 6 — С. 14—17.</li> <li>3. Валькман Ю.Р. Моделирование НЕ-факторов — основа интеллектуализации компьютерных технологий / Ю. Р. Валькман, В. С. Биков, А. Ю. Рыхальский // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2007. — № 1.— С. 39—61.</li> <li>4. Ма Шуїн. Проблеми психологічної підготовки в системі фізкультурної освіти / Ма Шуїн // Теорія та методика фізичного виховання. — 2007. — № 5. — С. 12—14.</li> <li>5. Регіональні особливості смертності населення України / Л А. Чепелевська, Р. О. Мойсеєнко, Г. І. Баторшина [та ін.] // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. — 2007. — № 1.— С. 25—29.</li> <li>6. Валова І. Нові принципи угоди Базель II / І. Валова; пер. з англ. Н. М. Середи // Банки та банківські системи. — 2007. — Т. 2, № 2. — С. 13—20.</li> <li>7. Зеров М. Поетична діяльність Куліша // Українське письменство XIX ст. Від Куліша до Винниченка : (нариси з новітнього укр. письменства) : статті / Микола Зеров. — Дрогобич, 2007. — С. 245—291.</li> <li>8. Третьяк В. В. Возможности использования баз знаний для проектирования технологии взрывной штамповки / В. В. Третьяк, С. А. Стадник, Н. В. Калайтан // Современное состояние использования импульсных источников энергии в промышленности : междунар. науч.-техн. конф., 3-5 окт. 2007 г. : тезисы докл. — Х., 2007. — С. 33.</li> <li>9. Чорний Д. Міське самоврядування: тягарі проблем, принади цивілізації /Д. М. Чорний // По лівий бік Дніпра: проблеми модернізації міст України : (кінець XIX—початок XX ст./Д. М. Чорний. — Х., 2007.— Розд. 3. — С. 137—202.</li> </ol>
<p>Електронні ресурси</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Богомольний Б. Р. Медицина екстремальних ситуацій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. мед. вузів III—IV рівнів акредитації / Б. Р. Богомольний, В. В. Кононенко, П. М. Чусв — 80 Min / 700 MB. — Одеса : Одес. мед. ун-т. 2003. — (Бібліотека студента-медика — 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) : 1 2 см. — Систем. вимоги: Pentium : 32 Mb RAM : Windows 95, 98, 2000. XP ; MS Word 97-2000.— Назва з контейнера.</li> <li>2. Розподіл населення найбільш численних національностей за статтю та віком, шлюбним станом, мовними ознаками та рівнем освіти [Електронний ресурс] : за даними Всеукр. перепису населення 2001 р. / Держ. ком. статистики України ; ред. О. Г. Осауленко. — К. : CD-вид-во "Інфодиск". 2004. — 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) : кольор. : 12 см — (Всеукр. перепис населення, 2001). — Систем. вимоги: Pentium-266 ; 32 Mb RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. — Назва з титул. екрану.</li> <li>3. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (підсумки 10-ї Міжнар. конф. „Крим-2003“) [Електронний ресурс] / Л. Й. Костенко, А. О. Чекмарьов, А. Г. Бровкін, І. А. Павлуша // Бібліотечний вісник. — 2003. — № 4. — С. 43. — Режим доступу до журн. : <a href="http://www.nbu.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm">http://www.nbu.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm</a>.</li> </ol>

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

---

### Примітки:

1. Бібліографічний опис оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

2. Опис складається з елементів, які поділяються на обов'язкові та факультативні. У бібліографічному описі можуть бути тільки обов'язкові чи обов'язкові та факультативні елементи. Обов'язкові елементи містять бібліографічні відомості, які забезпечують ідентифікацію документа. Їх наводять у будь-якому описі.

Проміжки між знаками та елементами опису є обов'язковими і використовуються для розрізнення знаків граматичної і приписаної пунктуації.

### ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

Ботанический журнал – Ботан. журн.

Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии – Бюл. Моск. о-ва. испытат. природы. Отд.—ние. биол.

Видавництво АН УРСР – Вид-во АН УРСР

Вища школа – Вища шк.

Вісник Київського ботанічного саду – Вісн. Київськ. ботан. саду

Всесоюзная конференция – всесоюзн. конф.

Доклады АН СССР – Докл. АН СССР

Доклады Российской Академии наук – Докл. РАН

Доповіді НАН України – Доп. НАН України

Еколого-біологічні – Екол.-біол.

Журнал общей биологии – Журн. общ. биол.

Записки Білоцерківського сільськогосподарського Інституту – Зап. Білоцерк. с-г. ін-ту

Записки общества естествоиспытателей – Зап. о-ва. естествоиспыт.

Заповідна справа в Україні – Запов. справа в Україні

Збірник – Зб.

Известия Российского географического общества – Изв. Рос. геогр. о-ва

Издательство АН СССР – Изд-во АН СССР

Киев: (рос. мовою) – Киев:

Київ (укр. мовою) – К.:

Ленінград – Л.: Наука, 2005

Материалы – Мат-лы

Матеріали XI з'їзду УБТ – Мат-ли XII з'їзду УБТ

Міжнародна конференція – Міжнар. конф.

Москва – М.: Наука, 1992

Москва, Ленинград – М., Л.: Изд-во АН СССР

Наукова думка – Наук. думка

Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологічні науки – Наук. вісн. Ужгор. ун-ту. Сер. біол. науки.

Науковий світ – Наук. світ

Наукові записки – Наук. зап.

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка – Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка

Общество естествоиспытателей – О-во естествоиспытат.

Перевод с английского – Пер. с англ.

За загальною редакцією – За заг. ред.

Проблемы изучения адвентивной флоры СССР – Пробл. изуч. адвент. флоры СССР

Растения – раст.

Санкт-Петербург – Спб.:

Советская наука – Сов. наука

Тезисы докладов – Тез. докл.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

---

Тезиси докладов Всероссийского совещания – Тез. докл. Всерос. совещ.  
Труды – Тр.  
Український ботанічний журнал – Укр. ботан. журн.  
Физиология и биохимия культурных растений – Физиол. и биохим. культ. раст.  
Физиология растений – Физиол. раст.  
Флора Восточной Европы – Фл. Вост. Европы  
Біологічний – біол.  
Біотехнологічний – біотехнол.  
Біофізичний – біофіз.  
Біохімічний – біохім.  
Ботанічний – ботан.  
В (у) тому числі – в (у) т. ч.  
Гідрологічний – гідрол.  
Головним чином – гол. чин.  
Господарський – госп.  
Господарство – госп-во  
Ґрунтовий – ґрунт.  
Дивись – див.  
Експериментальний – експерим.  
Інший – ін.  
Кількість – к-сть  
Кілограм – кг  
Кілометр – км  
Концентрація – конц.  
Латинський – лат.  
Лісотехнічний – лісотехн.  
Метр – м  
Міжнародний – міжнар.  
Мікробіологічний – мікробіол.  
Мікроскопічний – мікроскоп.  
Мінеральний – мінер.  
Мільйон – млн  
Мільярд – млрд  
Молекулярний – молек.  
Морфологічний – морфол.  
Морфофізіологічний – морфофізіол.  
Нанометр – нм  
Наприклад – напр.  
Науковий – наук.  
Національний – нац.  
Неорганічний – неорг.  
Нерадіоактивний – нерадіоакт.  
Нормальний – норм.  
Область – обл.  
Органічний – органіч.  
Радіаційний – радіац.  
Радіоактивний – радіоакт.  
Район – р-н  
Раціональний – рац.  
Рік – р.  
Сільськогосподарський – с.-г.  
Сільське господарство – с. г.  
Спеціальний – спец.

Стаття – ст.  
Століття – ст.  
Та інше – та ін.  
Так далі – т. д.  
Так званий – т. з.  
Технічний – техн.  
Технологічний – технол.  
Тисяча – тис.  
Тому подібний – т. п.  
Тонна – т  
Ультрафіолетовий – УФ  
Фізіологічний – фізіол.  
Характеристика – хар-ка  
Хімічний – хім.  
Центральний – центр.

### ОФОРМЛЕННЯ ІЛЮСТРАЦІЙ

Формат ілюстрацій не повинен перевищувати розмірів аркушу А4. Штрихові рисунки повинні бути чіткими, виконані тушшю чорного кольору на білому папері або роздруковані лазерним принтером. Малюнок за можливості повинен бути розвантажений від підписів, всі умовні позначення повинні пояснюватись у тексті.

Матеріали треба подавати до редакційної колегії журналу (секретарю – О.Б. Мацюк, на кафедрі ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка). Після розгляду матеріалів на засіданні редакційної колегії Вам буде повідомлено про внесення публікації до відповідного номера збірника.

Адреса редакційної колегії збірника:

Редакційна колегія збірника

"Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія"

хіміко-біологічний факультет,

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2

м. Тернопіль

46027

роб. тел. (0352)-43-59-01

моб. тел. 0976605135

## АВТОРИ НОМЕРА

- Алексєєв О. О.** — асистент кафедри екології Вінницького національного аграрного університету.
- Андрієнко О. Д.** — кандидат біологічних наук, викладач кафедри біології та методики її навчання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.
- Барна Л. С.** — кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ).
- Барна М. М.** — доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Белінська М. М.** — старший науковий співробітник національного природного парку "Мале Полісся", аспірант Інституту лісівництва та декоративного садівництва Національного університету біоресурсів та природокористування України.
- Бесарабчук І. В.** — аспірантка кафедри ботаніки Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.
- Білявський С. М.** — зав. лабораторією Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова.
- Боднар О. І.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Брошак І. С.** — кандидат сільськогосподарських наук, директор Тернопільської філії державної установи "Інститут охорони родючості ґрунт України".
- Будніков Г. Б.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії охорони природних екосистем Ужгородського національного університету.
- Бузунко П. А.** — аспірант кафедри екології та охорони природи Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка.
- Бурега Н. В.** — молодший науковий співробітник кафедри машинознавства та транспорту ТНПУ.
- Вінярська Г. Б.** — кандидат біологічних наук, асистент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Волгін С. О.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.
- Герц А. І.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Гнатюк Т. Т.** — аспірант відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.
- Грицак Л. Р.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри геоекології та методики викладання екологічних дисциплін, старший науковий співробітник держбюджетної теми 127-Б ТНПУ.
- Гулай В. В.** — кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри біології та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.
- Гурська О. В.** — старший викладач кафедри біології, екології та методики їх викладання Кременецької обласної гуманітарної академії імені Тараса Шевченка.

- Дробик Н. М.** — доктор біологічних наук, декан хіміко-біологічного факультету, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, завідувач лабораторії екології та біотехнології ТНПУ.
- Затовська Т. В.** — кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу репродукції вірусів Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.
- Захарова О. М.** — кандидат біологічних наук, відділ фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.
- Зіньковський О. Г.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біології відтворення риб Інституту гідробіології НАН України (ІГ НАНУ).
- Ищук Л. П.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри садово-паркового господарства Білоцерківського національного аграрного університету.
- Кантицька О. О.** — студентка хіміко-біологічного факультету ТНПУ.
- Кириленко Л. В.** — асистент кафедри садово-паркового господарства, садівництва і виноградарства Вінницького національного аграрного університету.
- Конвалюк І. І.** — кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу генетики клітинних популяцій Інституту молекулярної біології і генетики НАН України.
- Конончук О. Б.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Коробкова К. С.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.
- Кравець Н. Б.** — молодший науковий співробітник держбюджетної теми 127-Б ТНПУ.
- Курант В. З.** — доктор біологічних наук, професор кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.
- Ляврін Б. З.** — аспірант кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.
- Марценюк В.** — аспірант відділу відтворення риб ІГ НАНУ.
- Мельник В. М.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу генетики клітинних популяцій Інституту молекулярної біології і генетики НАН України.
- Морозюк С. С.** — кандидат біологічних наук, професор кафедри ботаніки Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова.
- Мосула М. З.** — кандидат біологічних наук, асистент кафедри ботаніки та зоології, старший науковий співробітник держбюджетної теми 127-Б ТНПУ.
- Онуфрійчук Л. А.** — студентка хіміко-біологічного факультету ТНПУ.
- Опалко А. І.** — кандидат сільськогосподарських наук, професор, провідний науковий співробітник Національного дендрологічного парку «Софіївка» Національної академії наук України.
- Опалко О. А.** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент, старший науковий співробітник Національного дендрологічного парку «Софіївка» Національної академії наук України.
- Пальчик А. О.** — доцент кафедри комп'ютерних технологій ТНПУ.
- Патика В. П.** — академік НААН України, завідувач відділу фітопатогенних мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.
- Пида С. В.** — доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Потрохов О. С.** — доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу біології відтворення риб ІГ НАНУ.
- Причепя М. В.** — молодший науковий співробітник відділу відтворення риб ІГ НАНУ.
- Рабченюк О. О.** — аспірантка кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.
- Смоляр Н. О.** — кандидат біологічних наук, докторант Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доцент кафедри прикладної екології та

природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

**Тригуба О. В.** — кандидат сільськогосподарських наук, викладач кафедри біології, екології та методики їх викладання Кременецької обласної гуманітарної академії імені Тараса Шевченка.

**Хоменчук В. О.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.

**Худіяш Ю. М.** — кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу біології відтворення риб ІГ НАНУ.

**Чурілов А. М.** — кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри ботаніки Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Юрчак І. В.** — аспірант кафедри хімії та методики її навчання ТНПУ.

**Якубенко Б. Є.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки Національного університету біоресурсів і природокористування України.



**TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK  
NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

---

Здано до складання 03.03.2017. Підписано до друку 10.03.2017. Формат 60 x 84/18. Папір друкарський.  
Умовних друкованих аркушів — 13.3. Обліково-видавничих аркушів — 16.0. Замовлення № 26  
Наклад 300 прим. Віддруковано у видавничому центрі «Вектор»

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ТР № 46 від 07 березня 2013р.  
ФО Осадца Ю.В.

---

Submitted to editing 03.03.2017. Signed for printing 10.03.2017. Format 60 x 84/18. Printing paper.  
Number of conventional printing sheets – 13.3. Number of accounted and published pages – 16.0. Order № 26.  
Edition 300 copies. Published in the publishing centre “Vector”

Certificate of enlisting the subject of publishing in the State Register of publishers,  
manufactures and distributors of publishing products  
Series TP № 46 from 07 March 2013  
Name and surname Osadtsa Yu. V.