

ISSN 1990–553X
e–ISSN 2308–9628

Міністерство освіти і науки України
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Kherson State University

ЧОРНОМОРСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

№ 4
Том 16 • 2020

Chornomorski
Botanical
Journal

ЧОРНОМОРСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ Chornomorski Botanical Journal

Науковий журнал засновано 2005 року. Scientific Journal Founded in 2005
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації –
серія КВ № 23949-13789ПР – видане 26.04.2019 р.

Включено до **Переліку наукових фахових видань України**, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора філософії та доктора наук зі спеціальності 091 Біологія (Наказ Міністерства освіти і науки України від 17.03.2020 № 409)

“Чорноморський ботанічний журнал” (Chornomorski Botanical Journal) публікує статті з усіх питань ботаніки, мікології, фітогеології, охорони рослинного світу, інтродукції рослин. Статті та короткі повідомлення про результати наукових досліджень, а також матеріали про події наукового життя публікуються у відповідних розділах. – Херсон: ХДУ, 2020. – 67 с.

“Чорноморський ботанічний журнал” індексується в наукометричних базах:
Index Copernicus, Україніка Наукова, Google Scholar, Ulrich’s Periodicals Directory, CrossRef

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ (EDITORIAL BOARD):

О.Є. Ходосовцев, д.б.н., проф., Україна, Херсон – головний редактор	<i>A.Ye. Khodosovtsev, Ukraine – Editor-in-Chief</i>
І.І. Мойсієнко, д.б.н., проф., Україна, Херсон – заступник головного редактора	<i>I.I. Moysiienko, Ukraine – Associate Editor</i>
О.Ю. Акулов, к.б.н., доц., Україна, Харків	<i>O.Yu. Akulov, Ukraine</i>
М.Ф. Бойко, д.б.н., проф., Україна, Херсон	<i>M.F. Boiko, Ukraine</i>
Я. Вондрак, д.ф., Чехія, Прага	<i>J. Vondrák, Czech Republic</i>
В.П. Гелюта, д.б.н., проф., Україна, Київ	<i>V.P. Heluta, Ukraine</i>
Д.В. Дубина, д.б.н., проф., Україна, Київ	<i>D.V. Dubyna, Ukraine</i>
С.Я. Кондратюк, д.б.н., проф., Україна, Київ	<i>S.Ya. Kondratyuk, Ukraine</i>
І.Ю. Костіков, д.б.н., проф., Україна, Київ	<i>I.Yu. Kostikov, Ukraine</i>
А.А. Куземко, д.б.н., пров.н.спів., Україна, Київ	<i>A.A. Kuzemko, Ukraine</i>
Д.В. Леонтьєв, д.б.н., проф., Україна, Харків	<i>D.V. Leontyev, Ukraine</i>
Р.П. Мельник, к.б.н., доц., Україна, Херсон	<i>R.P. Melnik, Ukraine</i>
О.В. Надєїна, д.ф., Швейцарія, Бірменсдорф	<i>O.V. Nadyeina, Switzerland</i>
Б. Суднік-Войціковська, проф., Польща, Варшава	<i>B. Sudnik-Wójcikowska, Poland</i>
А. Ташев, проф., Болгарія, Софія	<i>A. Tashev, Bulgaria</i>
В.В. Шаповал, к.б.н., ст.н.спів., Україна, Асканія–Нова	<i>V.V. Shapoval, Ukraine</i>
В.В. Дармостук, Україна, Херсон – відповідальний секретар	<i>V.V. Darmostuk – Editorial Assistant</i>

Засновник: Херсонський державний університет

Адреса редколегії: Херсонський державний університет, вул. Університетська, 27, м. Херсон, 73000, Україна

Address of Editorial Board: Kherson State University, 27, Universytetska Str., Kherson, 73000, Ukraine
Тел. 0552–32–67–17, факс 0552–49–21–14, E-mail: chornbotjourn@i.ua. Сайт: www.cbj.kspu.edu.

Затверджено відповідно до рішення вченої ради Херсонського державного університету від 30.11.2020 N 6.
Друкується за постановою редакційної колегії журналу

© Херсонський державний університет, 2020
ХЕРСОН 2020 KHERSON

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ЧОРНОМОРСЬКИЙ
БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ Том 16 • № 4 • 2020**
CHORNOMORSKI BOTANICAL JOURNAL 2020

Volume 16•№4

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ · ЗАСНОВАНО 2005 р. · ХЕРСОН

ЗМІСТ

Теоретичні та прикладні питання

- Орлов О.О., Шевера М.В. Ionoxalis tetraphylla (Oxalidaceae), новий ефемерофіт у флорі України..... 282*
- Дмитраш-Вацеба І.І., Шумська Н.В., Гнезділова В.І. Раритетна компонента флори лісових екосистем Галицького національного природного парку (Івано-Франківська область).. 290*
- Ємельянова С.М., Винокуров Д.С. Національна інфраструктура зберігання фітосоціологічних даних України: теоретичні аспекти..... 303*
- Сіра О.Є. Історія досліджень лучно-степової флори та рослинності Середньоруської підпровінції Лісостепу України 312*

Бріологія і мікологія

- Масловський О.М. Просторовий розподіл видового різноманіття мохоподібних Східної Європи. 323*
- Решетник К.С. Вплив лазерного випромінювання та концентрації глюкози на вміст каротиноїдів у міцелії гриба *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill..... 334*

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретические и прикладные вопросы

Орлов А.А., Шевера М.В. <i>Iopoxalis tetraphylla</i> (Oxalidaceae), новый эфемерофит во флоре Украины.....	282
Дмитраш-Вацеба И.И., Шумская Н.В., Гнездилова В.И. Раритетный компонент флоры лесных экосистем Галицкого национального природного парка (Ивано-Франковская область).....	290
Емельянова С.Н., Винокуров Д.С. Национальная инфраструктура сохранения фитосоциологических данных Украины: теоретические аспекты.....	303
Серая О.Е. История изучения лугово-степной флоры и растительности Среднерусской подпровинции Лесостепи Украины	312

Бриология и мікологія

Масловский О.М. Пространственное распределение видового разнообразия мохообразных Восточной Европы	323
Решетник К.С. Влияние лазерного излучения и концентрации глюкозы на содержание каротиноидов в мицелии гриба <i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill	334

CONTENTS

Theoretical and Applied Problems

- Orlov O.O., Shevera M.V. Ionoxalis tetraphylla* (Oxalidaceae), a new ephemero-phyte in the Ukrainian flora..... 282
- Dmytrash-Vatseba I.I., Shumska N.V., Gniezdilova V.I.* Rare component of Halych National Nature Park forest ecosystems flora (Ivano-Frankivsk region)..... 290
- Iemelianova S.M., Vynokurov D.S.* National infrastructure of phytosociological data storage of Ukraine: theoretical aspects..... 303
- Sira O.E.* History of research of meadow-steppe flora and vegetation in the Middle Russian subprovince of the Forest-Steppe of Ukraine 312

Bryology and mycology

- Maslovsky O.M.* Spatial distribution of bryophyte species diversity in Eastern Europe..... 323
- Reshetnyk K.S.* The influence of laser irradiation and glucose concentration on the content of carotenoids in the mycelium of fungus *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill..... 334

Теоретичні та прикладні питання

***Ionoxalis tetraphylla* (Oxalidaceae), новий ефемерофіт у флорі України**

ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ ОРЛОВ
МИРОСЛАВ ВАСИЛЬОВИЧ ШЕВЕРА

ORLOV O.O., SHEVERA M.V. (2020). *Ionoxalis tetraphylla* (Oxalidaceae), a new ephemerophyte in the Ukrainian flora. *Chornomors'k. bot. z.*, **16** (4): 282–289. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-1

Data about floristic records of *Ionoxalis tetraphylla* (Cav.) J. Rose (*Oxalis tetraphylla* Cav.) (Oxalidaceae), a new alien species of Ukrainian flora were presented. Species has Central American origin, its primary area are covers Mexico, Panama, Guatemala, Costa Rica, Caribbean islands. Secondary area spreads on Europe, Asia and Australia. It was found in neighboring countries with Ukraine, including Russia and Belorussia. As a naturalized species it was tagged in some countries of Southern Europe. The main centers of species introduction in Ukraine are M.M. Hryshko National Botanical Garden of NAS of Ukraine, Acad. O.V. Fomin Botanical Garden of Taras Shevchenko Kyiv National University, Botanical Garden of Oles' Honchar Dnipro National University, Botanical Garden of V.N. Karazin Kharkiv National University, Botanical Garden of V.I. Vernadsky Taurian National University, Syretskyi dendrological park (Kyiv), private gardens and greenery managements in Kyiv and Kyiv Region, Odesa, Kamyanets-Podilskyi (Khmelnyskyi Region) and other regions of the country. Information about spontaneously distribution of the plants in Ukraine nowadays is absent. At the first time some escaped plants of the *I. tetraphylla* were recorded in 2019 near village Dovzhyk of Zhytomyr District of Zhytomyr Region. Some individuals grew in old pine forest margins near path. Plants successfully overwintered at 2019/2020 years. Taxonomical and morphological characteristics, chorological data (primary and secondary areas) and ecological peculiarities are presented. According to the time of immigration this species is kenophyte, according to the way of introduction – ergasiophyte and according to the degree of naturalization in Ukraine it is ephemerophyte. The species is mesotroph, mesophyte, scio-heliophyte. In conditions of Ukraine it blooms profusely but almost never forms seeds, and reproduces vegetatively – by daughter bulbs. The map of the species distribution (spontaneously and in culture) in Ukraine is presented.

Keywords: alien species, Ionoxalis tetraphylla, floristic record, Ukraine

ОРЛОВ О.О., ШЕВЕРА М.В. (2020). *Ionoxalis tetraphylla* (Oxalidaceae), новий ефемерофіт у флорі України. *Чорноморськ. бот. ж.*, **16** (4): 282–289. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-1

Подано відомості про знахідку *Ionoxalis tetraphylla* (Cav.) J. Rose (*Oxalis tetraphylla* Cav.) (Oxalidaceae), нового для флори України виду адвентивних рослин. Вид має центральноамериканське походження, його первинний ареал охоплює Мексику, Панаму, Гватемалу, Коста Ріку, Карибські острови. Вторинний ареал поширюється на Європу, Азію, Австралію. Вид був знайдений у сусідніх з Україною країнах,



© Orlov O.O.¹, Shevera M.V.²

¹ Poliskyi Branch of the G.M. Vysotsky Ukrainian Scientific-Research Institute of Forestry and Agro-Forest Melioration of NAS of Ukraine and State Agency of Forest Resources of Ukraine, Neskorennych str., 2, vill. Dovzhyk, 10004, Zhytomyr District, Zhytomyr Region, Ukraine

² M.G. Kholodny Institute of Botany National Academy of Sciences of Ukraine, Tereshchenkivska str., 2, Kyiv, 01601, Ukraine

e-mail: shevera.myroslav@ukr.net

Submitted 6 November 2020

Recommended by I. Moysiienko

Published 31 December 2020

зокрема в Росії та Білорусі. Як вид, що натуралізувався, він був відмічений у деяких країнах Південної Європи. Основними центрами культивування виду в Україні є Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фомина Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Ботанічний сад Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, Ботанічний сад Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, Ботанічний сад Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, Сирецький дендрологічний парк (Київ), а також приватні сади та зелені господарства в Києві та Київській обл., Одесі, Кам'янець-Подільському (Хмельницька обл.) та, безумовно, в інших регіонах країни. Дані щодо спонтанного поширення рослин виду з місць культури дотепер в Україні відсутні. Вперше здичавілі рослини *I. tetraphylla* зафіксовані у 2019 році у с. Довжик Житомирського р-ну Житомирської обл. Вони відмічені на узліссі старого соснового лісу, біля стежки рослини пережили зиму 2019/2020 роках. Наведено таксономічні, морфологічні, географічні (первинний та вторинний ареали) та екологічні характеристики виду. За часом занесення вид є кенофітом, за способом занесення – ергазіофітом, за ступенем натуралізації в Україні – ефемерофітом. Досліджений вид є мезотрофом, мезофітом, сцио-геліофітом. В умовах України він рясно цвіте, але майже ніколи не утворює насіння та розмножується вегетативно – дочірніми цибулинками. Представлено карту поширення виду (спонтанно та в культурі) в Україні.

Ключові слова: вид адвентивних рослин, *Ionoxalis tetraphylla*, флористична знахідка, Україна

ОРЛОВ А.А., ШЕВЕРА М.В. (2020). *Ionoxalis tetraphylla* (Oxalidaceae), новий ефемерофіт во флорі України. *Черноморск. бот. ж.*, **16** (4): 282–289. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-1

Представлены сведения о находке *Ionoxalis tetraphylla* (Cav.) J. Rose (*Oxalis tetraphylla* Cav.) (Oxalidaceae), нового для флоры Украины вида адвентивных растений. Вид имеет центральноамериканское происхождение, его первичный ареал охватывает Мексику, Панаму, Гватемалу, Коста Рика, Карибские острова. Вторичный ареал распространяется на Европу, Азию, Австралию. Вид был найден в соседних с Украиной странах, включая Россию и Белоруссию. Как натурализовавшийся вид он был отмечен в некоторых странах Южной Европы. Основными центрами культивирования вида в Украине являются Национальный ботанический сад имени Н.Н. Гришко НАН Украины, Ботанический сад имени акад. А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченка, Ботанический сад Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина, Ботанический сад Днепропетровского национального университета имени Олеся Гончара, Ботанический сад Таврийского национального университета имени В.И. Вернадского, Сырецкий дендрологический парк (Киев), а также частные сады и зеленые хозяйства Киева и Киевской обл., в Одессе, Каменец-Подольском (Хмельницкая область) и, безусловно, в других регионах страны. Сведения о спонтанном распространении растений вида из мест культуры в Украине в настоящее время отсутствуют. Впервые одичавшие растения *I. tetraphylla* зафиксированы в 2019 г. в окрестностях села Довжик Житомирского района Житомирской области. Несколько экземпляров растений отмечены на опушке старого соснового леса возле тропинки, растения успешно пережили зиму 2019/2020 годов. Приведены таксономические, морфологические, географические (первичный и вторичный) ареалы и экологические характеристики вида. По времени заноса вид является кенофітом, по способу заноса – эргазіофітом, по степени натуралізації в Україні – ефемерофітом. Вид является мезотрофом, мезофітом, сцио-геліофітом. В условиях Украины он обильно цветет, однако почти никогда не дает семян и размножается вегетативно – дочерними луковицами. Представлена карта распространения вида (спонтанно и в культуре) в Украине.

Ключевые слова: вид адвентивных растений, *Ionoxalis tetraphylla*, флористическая находка, Украина

Відомо, що *Ionoxalis tetraphylla* (Cav.) J. Rose (*Oxalis tetraphylla* Cav.) (Oxalidaceae) завдяки декоративним властивостям належить до одних із популярних

садових та оранжерейних рослин, які досить широко культивуються у багатьох країнах світу. Принагідно зауважимо, що в англійських країнах рослину називають «*lucky clover*» («щаслива конюшина») або «*iron cross*» («залізний хрест»), найпоширеніший культивовані сорт виду. Рідше рослини використовують як овочеву культуру [YOUNG, 1958; GARDNER et al., 2012]. Одночасно вид включений до Global Compendium of Weeds [GCW, 2020], оскільки серед цибулинних представників роду є інвазійні трансконтинентальні бур'яни, найбільш споріднені до дослідженого виду – *O. latifolia* Kunth та *O. debilis* Kunth [LOURTEIG, 2000].

Поширення. Первинний ареал виду – Мексика, Панама, Гватемала, Коста Ріка, Карибські острови [DENTON 1973; YOUNG, 1958; TROPICOS, 2016]. Рослини ростуть на схилах вулканів, у вологих соснових та мішаних лісах, на висотах 800–2400 м н.р.м. [PEREZ-CALIX, 2009] в умовах вологого тропічного клімату.

В Європі рослини *I. tetraphylla* вперше було інтродуковано у Великобританії у 1827 році [NYÁRÁDY, 1958]. Здичавілі рослини виду також вперше були виявлені у Великобританії у 1926 р. [YOUNG, 1958] – через 100 років після інтродукції. Згодом такі особини виду відмічені в інших країнах Європи, Азії (Індія) [YOUNG, 1968] та в Австралії [CATALOGUE ..., 2020]. Зазначається, що у деяких країнах Південної Європи *I. tetraphylla* натуралізувався [YOUNG, 1968; TZVELEV, 1996], зокрема вид вказується для Франції, країн колишньої Югославії (без конкретних даних) [YOUNG, 1968], ймовірно, Хорватії, що пізніше підтверджено даними [CATALOGUE ..., 2020], а також Австрії [YOUNG, 1968; VOGL-LUCASSER, VOGL, 2004]. У кінці ХХ століття та, особливо, на початку ХХІ століття нові локалітети виду зафіксовані у більш північних регіонах Європи, зокрема у Росії [TZVELEV, 1996; MAYOROV et al., 2015], Білорусії [DUBOVİK, SKURATOVICH, 2010], Бельгії [HOSTE, 2013], Нідерландах [MATTHEWS et al., 2014], а також Італії [BARTOLUCCI et al., 2018]. У 2019 році перелік ефемерофітів флори України також збагатився цим видом (Рис. 1).



Рис. 1. *Ionoxalis tetraphylla*. Загальний вигляд, с. Довжик Житомирської обл. (фото О.О. Орлова, 2020).

Fig. 1. *Ionoxalis tetraphylla*. General view, village Dovzhyk of Zhytomyr Region (photo by O.O. Orlov, 2020).

Нижче наводимо номенклатурну цитацію та основну синоніміку, морфологічну характеристику виду, узагальнену за даними Флор [NYÁRÁDY, 1958; YOUNG, 1968; TZVELEV, 1996; із доповненнями ZHILA, TYMCHENKO, 2014a, STARTEK, WRAGA, 1998] та бази даних TROPICOS (2016) та відомості про екологію.

IONOXALIS tetraphylla (Cav.) J. Rose, Contr. Unit. Stat. Nat. Herb. 10: 115 (1906); Small, North Amer. Fl. 25. 1: 33 (1907); Цвел., Фл. европ. ч. 9: 369 (1996). – *Acetosella tetraphylla* (Cav.) Kuntze, Rev. Gen. Pl. 1: 92 (1891). – *Oxalis tetraphylla* Cav., Icon. Descr. 3: 19, tabl. 237 (1795); Young, Fl. Eur. 2: 192 (1968). – *Oxalis deppei* Lodd. ex Sweet, Bot. Cab. 15. t. 1500 (1828). – *Acetosella deppei* (Lodd. ex Sweet) Kuntze, Rev. Gen. Pl. 1: 92 (1891). – *Ionoxalis deppei* (Lodd. ex Sweet) Small, North. Amer. Fl. 25(1): 32 (1907).

Морфологія. Багаторічна безстебла цибулинна рослина; цибулина до 4 см у діаметрі. У літературі зазначено [ZHILA, TYMCHENKO, 2014a], що для цибулин *I. tetraphylla* нехарактерне стале число лусок, ємність цибулини може становити 109–174 листків (справжніх листків та видозмінених – лусок), що залежить від сезону вибірки та віку цибулин. Встановлено, що більші за розмірами цибулини *I. tetraphylla* продукують більше цибулин-діток, аніж цибулини меншого розміру [STARTEK, WRAGA, 1998]. Корені вертикальні, бульбоподібні біля основи. Також формуються кілька цибулин на тонких звивистих столонах 2–3 см завдовжки. Листків 2–5, на довгих (15–35 см) опушених черешках. Листок складається з овально-дельтоподібних 4-х листочків (20–25 × 30–40 мм), верхівка їх заокруглена, з неглибокою напівовальною виїмкою. Поверхня листочків тонко-шовковисто опушена, часто з пурпуровою смугою навколо центру. Квіти зібрані у зонтикоподібне суцвіття по 3–5 штук, на довгому квітконосі (15–35 см заввишки), який, як правило, перевищує довжину листків. Приквітки 2–4 мм завдовжки, 2–2,5 мм завширшки, гіалінові, овальні до ромбічних, килюваті. Квітконіжки до 17 мм завдовжки. Чашолистки ланцетні або тупі, з двома червонуватими потовщеннями на верхівці. Пелюстки до 20 мм завдовжки, овальні до еліптичних, яскраво-рожеві або червоні. Маточки переважно макростильярні, 5–7 мм завдовжки. Тичинки 2,5–4 мм завдовжки, коротко опушені нерівними залозистими волосками. Плід – коробочка, 13 мм завдовжки, гола; плодолистки 4–5-насінні. Насінини темно-жовті до коричнюватих, 1,25 мм завдовжки, овальні, плескаті, з 9–14 зигзагоподібними ребрами.

Екологія. У первинному та вторинному ареалах вид є мезотрофом, мезофітом, сцио-геліофітом.

Результати дослідження

В Україні основними центрами культивування *Ionoxalis tetraphylla* є Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, на ділянках якого рослини вирощуються з 2010 року [CATALOGUE ..., 1987] і де зараз спеціально досліджується його біологія [ZHILA, TYMCHENKO, 2014a, b, 2016, 2017], Ботанічний сад імені акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка [O.V. FOMIN BOTANICAL GARDEN ..., 2007], Ботанічний сад Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського з 2011 року [ANNOTATION CATALOGUE ..., 2014], Ботанічний сад Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (без зазначення часу інтродукції) [CATALOGUE ..., 2015], Сирецький дендрологічний парк [GLUKHOVA et al., 2016]. За усним повідомленням І.Л. Домницької, рослини виду також вирощували у 90-х роках ХХ століття у Ботанічному саду Дніпропетровського державного університету (тепер Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара), але згодом культура пропала, й з 2019 р. вона знову відновлюється. За усною інформацією Л.Г. Любінської, рослини цього виду також вирощували принаймні у 1981 та 1982 роках, а можливо й раніше, у Кам'янець-Подільському ботанічному саду (тепер Подільського аграрно-технічного університету), зараз – любителями або приватними

підприємцями як кімнатну рослину або для декоративних композицій у затінку, з добрим поливом. За даними «Plantarium» (2020) [<https://www.plantarium.ru/page/view/item/53083.html>], рослини виду в культурі вказуються в Києві та Київській обл.: «Цветущие растения. Украина, Киевская обл., Макаровский р-н, в культуре. 11.07.2010. Владимир Малибог © 2012», «Взрослые и дочерние клубнелуковицы. Украина, Киевская обл., Макаровский р-н, в культуре, 13.11.2012. Владимир Малибог © 2012» та «Вегетирующие растения. Украина, г. Киев, в культуре. 10.09.2013. Максим Шевченко © 2013; растение определил(а) Наталья Гамова. Положение (географическая точка): примерно 50°27'00" с.ш., 30°40'20" в.д.», а згідно інформації «iNaturalis» (2020) (<http://www.inaturalis.org/observations/47615388>) – також для Одеси: «Костанди улица, Одесса, Одесская ... , Lat: 46.405883 Lon: 30.736487, трав 28, 2020, Татьяна Соколова-Юдина» (Рис. 2). Без сумніву, рослини вирощуються садівниками та любителями у приватних садах і зелених господарствах й інших регіонів країни, оскільки зарубіжні та вітчизняні інтернет-сайти пропонують різноманітний посадковий матеріал (наприклад, <https://www.kidstaff.com.ua/tema-28067235.html>, <https://novaflora.com.ua/uk/kislica/> та ін.). Проте до цього часу відсутні дані щодо здичавіння рослин виду в Україні поза межами культури.



Рис. 2. Картохема поширення *Ionoxalis tetraphylla* в Україні. Умовні позначення: ▲ – у культурі, ● – здичавілі рослини.

Fig. 2. Schematic map of distribution of *Ionoxalis tetraphylla* in Ukraine. Symbols indicate: ▲ – in culture, ● – escaped plants.

Вперше здичавілі рослини *I. tetraphylla* в Україні були виявлені О.О. Орловим у 2019 році в околицях села Довжик Житомирського району Житомирської області (Рис. 2), на території Державного підприємства «Житомирське ЛП», Богунського лісництва, кварталу 62, виділу 18. Кілька рослин були відмічені на узліссі старого сосняка у типі лісорослинних умов вологий сугруд (С₃), вздовж стежки, вузькою смугою завширшки 2 м, у затіненні, біотоп рудералізований. Підріст поодинокий: *Tilia cordata* Mill. – 1 м заввишки, *Carpinus betulus* L. – 0,2 м, *Quercus robur* L. – 0,1 м, *Ulmus*

glabra Huds. – 0,1 м, *Padus avium* Mill. – 0,1 м. Підлісок поодиноким: *Frangula alnus* Mill. – 0,4 м, *Sorbus aucuparia* L. – 0,2 м, *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun – 0,3 м заввишки. Трав'яно-чагарничковий ярус з проєктивним покриттям 45%, сильно порушений та рудералізований, ярусна будова нечітка. *Ionoxalis tetraphylla* – поодиноким, *Impatiens parviflora* DC. – 15%, *Solidago canadensis* L. – 5%, *Geranium robertianum* L. – 3%, *Galeopsis bifida* Boenn. – 1%, *Melica nutans* L. – 10%, *Poa nemoralis* L. – 8%, *Convallaria majalis* L. – 3%, *Luzula pilosa* (L.) Willd. – 1%, *Festuca gigantea* (L.) Vill. – 1%, *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau – 1%, *V. odorata* L. – 1%. Поодиноким зустрічалися: *Torilis japonica* (Houtt.) DC., *Geum urbanum* L., *Xanthoxalis stricta* (L.) Small, *Taraxacum officinale* Wigg. aggr., *Hieracium umbellatum* L., *Fragaria vesca* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Ajuga reptans* L., *Rubus saxatilis* L., *Euphorbia angulata* Jacq., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., *Betonica officinalis* L. Моховий ярус розріджений, складався з *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. – 5%.

У згаданому локалітеті рослини виду добре перенесли аномально теплу зиму 2019/2020 років Не виключаємо, що більш суворі зими можуть призвести до їхнього вимерзання.

Влітку 2020 року автори цього повідомлення перевірили згадане місцезростання та підтвердили наявність особин виду. Тоді ж був зібраний гербарний зразок: «*Ionoxalis tetraphylla* (Cav.) J. Rose (= *Oxalis tetraphylla* Cav., *O. deppei* G. Lodd.). Житомирська обл. і р-н, окол. м. Житомир, с. Довжик, сосновий ліс, біля стежки. 23.07.2020. О. Орлов, М. Шевера» (KW 146174). При цьому для подальших спостережень за рослинами виду в ґрунті було залишено дочірню цибулину.

Потрапляння рослин у дане місцезростання, без сумніву, пов'язане з культурою, хоча у квітниках приватних будинків та на території Поліського філіалу Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького НАН України та Держлісагентства України, що розміщені неподалік, культивування рослин нині не зафіксовано, але цілком можливо, що вони тут культивувався раніше, звідки кілька дочірніх цибулин цього виду були викинуті у ліс. Отже, вид належить до адвентивної фракції флори, за часом занесення є кенофітом, за способом занесення – ергазіофітом, за ступенем натуралізації в Україні – ефемерофітом.

У подальшому прогнозуємо нові знахідки рослин виду у здичавілому стані й у інших регіонах України, хоча вони будуть мати випадковий характер, а наслідки його впливу на довкілля будуть незначними. Це зумовлено зокрема ще й тим, що рослини, попри рясне цвітіння, в Україні плодоносять та формують насіння вкрай рідко [ЗНІЛА, ТУМСЕНКО, 2017], розмноження виду у культурі відбувається переважно вегетативно – дочірніми цибулинами.

Висновок

У результаті проведених флористичних досліджень у 2019 році було виявлено *I. tetraphylla*, який до цього часу не вказувався у спонтанній флорі України, при цьому кілька здичавілих рослин перезимували у відкритому ґрунті (в околицях села Довжик, Житомирського району) за аномально теплого зимового періоду 2019/2020 років. Вид знаходиться на початковій стадії натуралізації, є ефемерофітом.

Припускаємо, що вид може бути більш розповсюдженим в Україні, передусім поблизу місць культивування рослин, у зв'язку з чим слід здійснювати моніторинг за поширенням здичавілих рослин.

Подяка.

Автори вдячні І.Л. Домницькій (Ботанічний сад Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара) та докт. біол. наук, доц. Л.Г. Любінській (Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка) за надану інформацію про культивування рослин виду.

References

- ANNOTATION CATALOGUE of plants of Botanical Garden of V.I. Vernadsky Crimean University. (2014) / Ed. A.I. Repetskaya. Simferopol: IT "ARIAL", 184 p. (in Russian)
- BARTOLUCCI F., PERUZZI L., GALASSO G., ALBANO A., ALESSANDRINI A., ARDENGHI N.M.G., ASTUTI G., BACCHETTA G., BALLELLI S., BANFI E., BARBERIS G., BERNARDO L., BOUVET D., BOVIO M., CECCHI L., DI PIETRO R., DOMINA G., FASCETTI S., FENU G., FESTI F., FOGGI B., GALLO L., GOTTSCHLICH G., GUBELLINI L., IAMONICO D., IBERITE M., JIMÉNEZ-MEJÍAS P., LATTANZI E., MARCHETTI DD, MARTINETTO E., MASIN R.R., MEDAGLI P., PASSALACQUA N.G., PECCENINI S., PENNESI R., PIERINI B., POLDINI L., PROSSER F., RAIMONDO F.M., ROMA-MARZIO F., ROSATI L., SANTANGELO A., SCOPPOLA A., SCORTEGAGNA S., SELVAGGI A., SELVI F., SOLDANO A., STINCA A., WAGENSOMMER R.P., WILHALM T., CONTI F. (2018). An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems – An International journal dealing with all aspects of plant biology*, **152**(2): 179–303.
- CATALOGUE of life (2020). URL: <http://www.catalogueoflife.org/col/details/species/id/e356a062398556fdce7c6aea5646fc0f>
- CATALOGUE of plants of N.N. Grishko Central Botanical Garden. (1997) / Ed. N.A. Kokhno. Kiev: Naukova dumka, 437 p. (in Russian)
- CATALOGUE of ornamental herbaceous plants of botanical gardens and arboreta in Ukraine. A Gui-de. (2015). / Ed. S.P. Mashkov's'ka. Kyiv (electronic edition), 282 p. (in Ukrainian)
- DENTON M.F. (1973). A monograph of *Oxalis*, Section *Ionoxalis* (Oxalidaceae) in North America. *Publ. Mus. Mich. State Univ.*, **4**(10): 459–615.
- DUBOVIK D.V., SKURATOVICH A.N. (2010). Peculiarity of populations of some rare and protected plants species of the L'va River basin in the Belarussia. *Botanica (issledovaniye). Sbornik nauchnykh rabot*, **39**: 3–14. (in Russian)
- INATURALIS (2020). URL: <http://www.inaturalis.org/observations/47615388>
- GARDNER A.G., VAIO M., GUERRA M., EMSHWILLER E. (2012). Diversification of the American bulb-bearing *Oxalis* (Oxalidaceae): Dispersal to North America and modification of the tristylous breeding system. *American J. Bot.*, **99**(1): 152–164.
- GLOBAL compendium of weeds (GCW). (2020). URL: <http://www.hear.org/gcw>
- GLUKHOVA S.A., SHYNDER O.I., YEMETS L.I., MIKHLYUK S.M. (2016). *Catalogue of herbaceous plants of Syretskyi dendrological park*. Poltava: Poltavskyi literator, 82 p. (in Ukrainian)
- HOSTE I. (2013). *Ornamentals and invasive plants: if you choose one you get the other as well*. Mini symposium on aliens and invasive species. National Botanic Garden of Belgium (Bouchout Castle, December 2, 2011) [published online February 2013], pp. 1–6.
- LOURTEIG A. (2000). *Oxalis* L. subgénero *Monoxalis* (Small) Lourteig, *Oxalis* y *Trifidus* Lour-teig. *Bradea*, **7**(2): 201–629.
- MATTHEWS J., BERINGER R., CREEMERS R., HOLLANDER H., van KESSEL N., van KLEEF H., van de KOPPEL S., LEMAIRE A.J.J., ODÉ B., van der Velde G., VERBRUGGE L.N.H., LEUVEN R.S.E.W. (2014). *Horizonscanning for new invasive non-native species in the Netherlands*. Reports Environmental Science, nr. 461, 114 p.
- MAYOROV S.R., BOCHKIN V.D., NASIMOVICH YU.A., SCHERBAKOV A.V. (2015). *Alien flora of Moscow and Moscow Region*. Moscow: Tovarischestva nauchnykh izdaniy KMK, 412 p. (in Russian)
- NYÁRÁDY, A. (1958). *Oxalis* L. In: *Flora Reipublicae Popularis Romanicae*, Vol. 6 / Ed. T. Să-vulescu. București: Editura Acad. Rep. Pop. Romine, pp. 106–111. (in Romanian)
- O.V. FOMIN Botanical Garden. Index plantarum. Naturale reserve territory of Ukraine. Plant world. Iss. 7. (2007). / Resp. ed. V.A. Solomakha. Kyiv: Phytosociocenter, 320 p. (in Ukrainian) Botanical Garden
- PEREZ-CALIX E. (2009). Una especial nuera de *Oxalis* L. (Sect. *Ionoxalis* Small) originasia del norte de Michoacan, Mexico. *Acta Bot. Mexicana*, **89**: 79.
- PLANTARIUM (2020). URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/53083.html>
- STARTEK L., WRAGA K. (1998). Possibilities of producing bulbs of some species of *Oxalis* in the open field. *Agricultura*, **69**: 85–90.
- TROPICOS. (2016). Missouri Botanical Garden. Saint Louis, USA. 04 Jul. 2016. URL: <http://www.tropicos.org/>.
- TZVELEV N.N. (1996). *Ionoxalis* Small In: *Flora Europae orientalius*, T. IX / Ed. N.N. Tzvelev. Sankt-Peterburg: Mir i semya-95, pp. 368–369. (in Russian)
- VOGL-LUCASSER B., VOGL CH.R. (2004). Ethnobotanical Research in Homegardens of Small Farmers in the Alpine Region of Osttirol (Austria): An example for Bridges Built and Building Bridges. *Ethnobotany: Research & Applications*, **2**(2): 111–137.
- ZHILA A.I., TYMCHENKO O.D. (2014a). The structure of the shoot system of *Oxalis tetraphylla* Cav. *Modern Phytomorphology*, **6**: 303–308. (in Ukrainian)

- ZHILA A.I., TYMCHENKO O.D. (2014b). Vegetative reproduction of *Oxalis tetraphylla* Cav. In: O.O. Aliokhin (Ed.). *Biodiversity conservation and introduction of plants. The papers of International scientific conference* (Kharkiv, September, 8–11, 2014) / Ed. O.O. Alyokhin. Kharkiv: Tarasenko V.P. press, pp. 231–236. (in Ukrainian)
- ZHILA A.I., TYMCHENKO O.D. (2016). The structure and growth characteristics of *Oxalis tetraphylla* Cav. (*Oxalidaceae* R. Br.) roots. *Introduction of plants*, **1**: 33–40. (in Ukrainian)
- ZHILA A.I., TYMCHENKO O.D. (2017). The reproductive strategy of *Oxalis tetraphylla* Cav. in the introduction. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Introduction and conservation of plant diversity in nature and culture contents*, **1**(35): 13–16. (in Ukrainian)
- YOUNG D.P. (1958). *Oxalis* in the British Isles. *Watsonia*, **4**: 51–69.
- YOUNG D.P. (1968). *Oxalis* L. In: *Florae Europaea*, Vol. 2 Rosaceae to Umbelliferae / Eds. T.G. Tutin, V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, D.A. Webb. Cambridge: Cambridge University press, pp. 192–193.

Раритетна компонента флори лісових екосистем Галицького Національного природного парку (Івано- Франківська область)

ІРИНА ІГОРІВНА ДМИТРАШ-ВАЦЕБА

НАДІЯ ВАСИЛІВНА ШУМСЬКА

ВІКТОРІЯ ІГОРІВНА ГНЄЗДІЛОВА

DMYTRASH-VATSEBA I.I., SHUMSKA N.V., GNIEZDILOVA V.I. (2020). **Rare component of Halych National Nature Park forest ecosystems flora (Ivano-Frankivsk region).** *Chornomors'k. bot. z.*, **16** (4): 290–302. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-2

The paper contains a synopsis of rare component of flora of Halych National Nature Park forest ecosystems, as well as evaluation of distribution trends of rare vascular plant species and the state of their populations. Being established in 2004, the Park is located in Halych district of Ivano-Frankivsk region on the area of 14684.8 ha. Forests occupy the biggest part of its territory (81.1 %), among which predominate poor and mixed oak (*Querceta roboris*), beech (*Fageta sylvaticae*) and hornbeam (*Carpineta betuli*) woods. Inventory check of plant cover of the forest ecosystems has been done between 2008-2019 years. According to the results of our study, within the forests and forest margins grow 303 vascular plant species, out of which 63 are rare (20.8 %). The list of rare species is composed of species included to the Red Data Book of Ukraine, of species protected by international conventions and directives and complemented by species that are threatened within the study region. Species were considered as threatened if the number of localities and / or population size were small. Regionally rare species were selected based on the analyzes of results of our field survey and materials of herbarium collections. We have found that the third part of rare species (33.3 %) has high coenotic amplitude and a bit less species (26.2 %) favor forest margins. Rare species having low coenotic amplitude are confined to beech woods (19.1 %). Rare species are considerably distinguished by occurrence. Species with scarce occurrence predominate. For instance, 61 % of the species were found in 1-5 localities, of which 25 species occur only in one or two sites. Share of species growing in 6-10 localities within the Park is equal to 26.6 %. Only a small percentage (6.2 %) of rare species comprises species with relatively frequent occurrence (11–20 localities as well as more than 20 cites). Rare species of the Park forests with the highest occurrence rate are *Lilium martagon* and some members of *Orchidaceae* family. Predominantly, rare species have populations of small size, for instance, 81.2 % of the species were found in quantities of a few plants – several hundreds of individuals. The most threatened are species general number of which at the Park area is several plants (15.6 %). These species are as follows: *Circaea alpina*, *Atropa bella-donna*, *Campanula latifolia*, *Phyteuma spicatum*, *Epipactis atrorubens* etc. The biggest groups comprise species with general number of few tens and several hundreds of individuals (totally 65.6 %). Species with big populations represent far smaller part of forest rare species. Nine rare species grow in the number of several thousands of plants within the Park and three species (*Allium ursinum*, *Galanthus nivalis* and *Leucojum vernum*) – over a million. It has been established that 52.4 % of rare species populations taken together remain in critically bad state, 28.6 % of the populations – in bad state, 14.3 % – in satisfactory state. Only 4.8 % of populations are in good state. Our results show that about 95 % of species are in need of protection and continuous monitoring of population number. Furthermore, 51 species of rare plants,



© Dmytrash-Vatseba I.I.¹, Shumska N.V.², Gniezdilova V.I.²

¹ Halych National Nature Park, 1, Halytska Str., village Krylos, Halych district, Ivano-Frankivsk region, 77162, Ukraine

² Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 201, Halytska Str., Ivano-Frankivsk, 76008, Ukraine

e-mail: iradmytrash@ukr.net

Submitted 6 October 2020

Recommended by D. Dubyna

Published 31 December 2020

having low number and bad state of populations, require to work out and implement management plans for their restoration.

Key words: rare species, vascular plants, population state, species occurrence, population number

ДМИТРАШ-ВАЦЕБА І.І., ШУМСЬКА Н.В., ГНЄЗДІЛОВА В.І. (2020). Раритетна компонента флори лісових екосистем Галицького національного природного парку (Івано-Франківська область). *Чорноморськ. бот. ж.*, **16** (4): 290–302. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-2

Представлено конспект раритетної компоненти флори лісових екосистем Галицького національного природного парку, оцінено характер поширення раритетних видів судинних рослин та стан їх популяцій. Галицький національний природний парк розташований в Галицькому районі Івано-Франківської області, створений у 2004 році й займає площу 14684,8 га. Більша частина парку (81,1 %) припадає на ліси, серед яких переважають чисті та змішані дубові (*Querceta roboris*), букові (*Fageta sylvatica*) й грабові угруповання (*Carpineta betuli*). Інвентаризацію рослинного покриву лісових екосистем парку проводили впродовж 2008–2019 років, за результатами якої у лісових угрупованнях і на узліссях виявлено 303 види судинних рослин, з яких 63 види (20,8 %) – раритетні. До переліку раритетних видів віднесли види, включені до Червоної книги України та офіційних міжнародних охоронних переліків, а також види, які перебувають під загрозою зникнення у регіоні дослідження, оскільки представлені малою кількістю локалітетів, або їх популяції мають малу чисельність. Регіонально рідкісні види відібрані на підставі аналізу результатів наших польових досліджень, матеріалів гербарних фондів. Встановлено, що третина раритетних видів (33,3 %) відзначається широкою ценотичною амплітудою, дещо менше їх приналежні до рослинності узлісь (26,2 %). Більшість раритетних видів з вузькою ценотичною амплітудою приурочені до букових лісів (19,1 %). Раритетні види суттєво відрізняються за частотою трапляння. Серед них істотно переважають рідкісні види, зокрема 61 % видів на сьогодні відомі з 1–5 локалітетів; особливо рідко (1–2 локалітети) трапляються 25 видів. Частка видів, відомих з 6–10 локалітетів, становить 26,6 %. Видів, що трапляються порівняно часто (11–20 відомих локалітетів і понад 20 локалітетів), порівняно мало (по 6,2 %). Найбільш поширеними є *Lilium martagon*, а також деякі представники родини *Orchidaceae*. Для більшості раритетних видів притаманна низька загальна чисельність, зокрема 81,2 % видів знайдені у кількості від кількох особин до кількох сотень. Найбільшу занепокоєність викликають види, загальна чисельність яких у парку становить по кілька особин (15,6 %). До них належать *Circaea alpina*, *Atropa bella-donna*, *Campanula latifolia*, *Phyteuma spicatum*, *Epipactis atrorubens* тощо. Найбільші частки припадають на види із загальною чисельністю по кілька десятків, а також по кілька сотень виявлених особин (сумарно 65,6 %). Чисельніших видів виявлено мало. Дев'ять видів відомі у кількості по декілька тисяч особин, а три види (*Allium ursinum*, *Galanthus nivalis* і *Leucojum vernalis*) – понад мільйон особин. Встановлено, що 52,4 % популяцій раритетних видів рослин лісових екосистем Галицького національного природного парку перебувають у критично поганому стані, 28,6 % – у поганому, 14,3 % – у задовільному стані. І лише стан 4,8 % популяцій можна охарактеризувати як добрий. За результатами досліджень, близько 95 % видів потребують охорони й постійного моніторингу чисельності популяцій, а 51 вид рослин, які відзначаються низькою чисельністю та поганим станом популяцій, вимагають нагальної розробки та впровадження менеджмент-планів щодо відновлення їх чисельності.

Ключові слова: раритетні види, судинні рослини, стан популяцій, частота трапляння особин виду; чисельність популяцій

ДМИТРАШ-ВАЦЕБА И.И., ШУМСКАЯ Н.В., ГНЄЗДИЛОВА В.И. (2020). Раритетный компонент флоры лесных экосистем Галицкого национального природного парка (Ивано-Франковская область). *Черноморск. бот. ж.*, **16** (4): 290–302. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-2

Представлен конспект раритетного компонента флори лесных экосистем Галицкого национального природного парка, оценены характер распространения раритетных видов сосудистых растений и состояние их популяций. Галицкий национальный природный парк расположен в Галицком районе Ивано-Франковской области, созданный в 2004 году и занимает площадь 14684,8 га. Большая часть парка (81,1%) приходится на леса, среди которых преобладают чистые и смешанные дубовые (*Querceta roboris*), буковые (*Fageta sylvaticae*) и грабовые сообщества (*Carpineta betuli*). Инвентаризацию растительного покрова лесных экосистем парка проводили в течение 2008–2019 годов, по результатам которой в лесных сообществах и на опушках обнаружено 303 вида сосудистых растений, из которых 63 вида (20,8%) – раритетные. В перечень раритетных видов отнесли виды, включенные в Красную книгу Украины и официальные международные охраняемые списки, а также виды, которые находятся под угрозой исчезновения в регионе исследования, поскольку представлены малым количеством локалитетов, или их популяции обладают малой численностью. Регионально редкие виды отобраны на основании анализа результатов наших полевых исследований, материалов гербарных фондов. Установлено, что треть раритетных видов (33,3%) отличается широкой ценоотической амплитудой, несколько меньше их принадлежат к растительности опушек (26,2%). Большинство раритетных видов с узкой ценоотической амплитудой приурочены к буковым лесам (19,1%). Раритетные виды существенно отличаются по частоте встречаемости. Среди них существенно преобладают редкие виды, в том числе 61% видов на сегодня известны с 1–5 локалитетов; особенно редко (1–2 локалитета) встречаются 25 видов. Доля видов, известных с 6–10 локалитетов, составляет 26,6%. Видов, встречающихся сравнительно часто (11–20 известных локалитетов и более 20 локалитетов), сравнительно мало (по 6,2%). Наиболее распространенными являются *Lilium martagon*, а также некоторые представители семейства Orchidaceae. Для большинства раритетных видов присуща низкая общая численность, в частности 81,2% видов найдены в количестве от нескольких особей до нескольких сотен. Наибольшую озабоченность вызывают виды, общая численность которых в парке составляет по несколько особей (15,6%). К ним относятся *Circaea alpina*, *Atropa bella-donna*, *Campanula latifolia*, *Phyteuma spicatum*, *Epipactis atrorubens* и др. Наибольшие доли приходятся на виды с общей численностью по несколько десятков, а также по несколько сотен выявленных особей (суммарно 65,6%). Более многочисленных видов обнаружено мало. Девять видов известны в количестве по несколько тысяч особей, а три вида (*Allium ursinum*, *Galanthus nivalis* и *Leucojum vernum*) – более миллиона особей. Установлено, что 52,4% популяций раритетных видов растений лесных экосистем Галицкого национального природного парка находятся в критически плохом состоянии, 28,6% – в плохом, 14,3% – в удовлетворительном. И только состояние 4,8% популяций можно охарактеризовать как хорошее. По результатам исследований, около 95% видов нуждаются в охране и постоянном мониторинге численности популяций, а 51 вид растений, которые отличаются низкой численностью и плохим состоянием популяций, требуют неотложной разработки и внедрения менеджмент-планов по восстановлению их численности.

Ключевые слова: раритетные виды, сосудистые растения, состояние популяций, частота встречаемости особей вида; численность популяций

Однією з обов'язкових передумов підтримання екологічної рівноваги на планеті є збереження й відтворення різноманіття рослинного світу, особливо у природних і напівприродних екосистемах. Традиційно вважається, що до таких екосистем, насамперед, належать ліси. Проте й ліси у багатьох регіонах істотно трансформовані під впливом господарської діяльності. Зокрема, встановлено, що лише 0,2 % широколистяних лісів Центральної Європи залишилося у відносно природному стані [HANNAN et al., 1995]. Сучасний стан лісових екосистем значною мірою обумовлений комплексом антропогенних чинників, до яких належать зведення лісів під агрокультури, використання деревини на індустриальні потреби й паливо, засмічення й забруднення ґрунту, порушення структури популяцій великих копитних тварин, випасання худоби, висадження монокультур та екзотичних видів, викиди в атмосферу хімічних сполук, зміни клімату тощо.

Найбільш непевні перспективи притаманні раритетній компоненті рослинного світу, що зумовлює, зокрема, необхідність вивчення стану популяцій рідкісних видів рослин, запровадження моніторингових досліджень і розроблення й реалізацію менеджмент-планів щодо їх збереження й поновлення. Найбільш перспективні для таких видів діяльності – об'єкти й території природно-заповідного фонду.

Об'єктом наших досліджень, зокрема, є раритетна компонента лісових екосистем Галицького національного природного парку (ГНПП), розташованого в Галицькому районі Івано-Франківської області.

До раритетних ми зарахували види, включені до Червоної книги України [RED DATA BOOK..., 2009] та міжнародних офіційних охоронних переліків, а також види, які перебувають під загрозою зникнення на території парку, оскільки вони представлені малою кількістю локалітетів, або їх популяції мають малу чисельність. Регіонально чи локально рідкісні види відібрані на підставі аналізу результатів наших польових досліджень і матеріалів гербарних фондів. Вивчення рослинного світу регіону, в якому розташований ГНПП, розпочалося на початку ХХ століття [WIERDAK, 1916–1936; KOZŁOWSKA, 1931; SZAFER, 1935] і було продовжене у 70–90 роках ХХ і на початку ХХІ століть. Дослідження, головним чином, охоплювали рослинність лучних степів, а також поширення окремих видів рослин [KUKOVYTSYA, 1970; 1976; ZAVERUKHA, 1978; SHEL'YAG-SOSONKO et al., 1981; KUKOVYTSYA et al., 1998; OMELCHUK-MYAKUSHKO, ZAVERUKHA, 1978; ZHYZHYN et al., 1990].

Інвентаризація флори й рослинності лісових екосистем розпочалася вже після створення ГНПП [ONYSHENKO, SHUMSKA, 2011; SHUMSKA et al., 2012, 2019] і триває й надалі.

Мета представленої роботи – виокремлення раритетної компоненти флори лісових екосистем ГНПП, дослідження характеру поширення рідкісних видів судинних рослин та оцінка стану їх популяцій, що дасть можливість розробити і впровадити комплекс заходів щодо їх збереження й відтворення.

Матеріали та методи досліджень

ГНПП створений у 2004 році і займає площу 14684,8 га. Парк розташований у двох фізико-географічних областях, межею між якими є р. Дністер. Правобережна (південно-західна) частина парку за фізико-географічним районуванням України [ЕКОЛОГІЧНА..., 2006] належить до Передкарпатської височинної області гірської країни Українські Карпати. Лівобережна частина – до Розтоцько-Опільської горбогірної області Західноукраїнського краю Широколистянолісової зони Східноєвропейської рівнинної країни.

За геоботанічним районуванням [NATSIONALNYI..., 2008] територія ГНПП знаходиться в межах Опільсько-Кременецького округу букових, грабово-дубових лісів, справжніх та остепнених лук та лучних степів Центральноєвропейської провінції Європейської широколистянолісової області.

Територія ГНПП відзначається геоморфологічною неоднорідністю. На правобережжі переважають височини з абсолютними висотами 300–450 м, глибоко перерізані долинами річок Лімниці, Лукви та їх приток, ярами й балками. На лівобережжі Дністра частина об'єктів парку припадає на Галицьку улоговину з рівнинним рельєфом, яка займає розширену частину долини Дністра з абсолютними висотами 200–250 м, а інша частина – на Бурштинське Опілля з горбистим скульптурно-ерозійним ландшафтом та висотами до 350 м над рівнем моря [PRYRODA..., 1973].

Основні типи лісових ґрунтів на правобережжі Дністра – дерново-підзолисті оглеєні, сформовані на суглинково-галечниковому алювії, а також – сірі лісові,

сформовані на гіпсоангідритових породах, на лівобережжі Дністра – теж сірі лісові ґрунти.

Для вивчення поширення раритетних видів рослин використовували власні відомості, отримані за допомогою маршрутно-польових флористичних методів дослідження, а також матеріали літературних джерел і гербарних фондів (KW, LW, LWKS, Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника). Польові дослідження проводили впродовж 2008–2019 років.

Частоту трапляння видів рослин лісових екосистем ГНПП аналізували відповідно до шкали, запропонованої В.І. Чопиком [СНОРУК, 1978] та адаптованої для регіональних досліджень В.В. Новосадом і Л.І. Крицькою [NOVOSAD, KRYTSKA, 2010], яка базується на кількості відомих локалітетів на території дослідження. У зв'язку з порівняно невеликою площею території дослідження застосовували дещо модифіковану шкалу: 1 – дуже рідко (1–2 локалітети); 2 – зрідка (3–5 локалітетів); 3 – спорадично (6–10 локалітетів); 4 – звичайно (11–20 локалітетів); 5 – часто (понад 20 локалітетів).

Визначали орієнтовну загальну чисельність виду у межах лісових екосистем парку. Її обчислювали як суму чисельності виявлених локальних популяцій. Для визначення чисельності малих популяцій (до 200 особин) проводили прямий облік особин, а чисельність більших популяцій визначали шляхом перерахунку середньої щільності особин на загальну площу популяції. Для визначення середньої щільності особин рендомним методом закладали пробні ділянки, розміри яких залежали від життєвої форми та розмірів особин. Для обліку особин трав'янистих рослин і чагарничків закладали ділянки площею від 1 x 1 м² до 10 x 10 м² у 10-кратній повторності. Для обліку чагарників і дерев площа ділянок становила 25 x 25 м².

Види поділяли на класи за кількістю особин у розрядах чисел: А – одиниці; В – десятки; С – сотні; D – тисячі; Е – десятки тисяч; F – сотні тисяч; G – мільйони.

Стан раритетних видів судинних рослин визначали за їх загальною чисельністю, відповідно до методичних напрацювань Я. Франкліна [FRANKLIN, 1980], В.М. Остапка [ОСТАРКО, 2005] тощо.

Назви видів рослин наведені за переліком С.Л. Мосякіна та М.М. Федорончука [MOSYAKIN, FEDORONCHUK, 1999] і Червоною книгою України [RED DATA BOOK..., 2009]. Лісові угруповання класифікували за домінантним принципом [PRODRONUS..., 1991].

Результати досліджень та їх обговорення

ГНПП складається з великої кількості різних за площею кластерів, розміщених по всій території Галицького району, в тому числі й фрагментів лісової рослинності. До складу парку увійшли всі ліси району. Їх загальна площа становить 11909,4 га або 81,1 % від території парку.

Найбільші за площею ділянки – лісові масиви правобережної частини парку, які належать до Блюдницького й Крилоського лісництв. Більшість лісових ділянок, зокрема у лівобережній частині (Бурштинське й Галицьке лісництва), – фрагментовані та оточені сільськогосподарськими угіддями (Рис. 1).

У парку переважають середньовікові та молоді насадження. Середній вік деревостану становить близько 55 років. Старовікові лісові насадження (понад 100 років) займають близько 500 га і зосереджені переважно у правобережній частині ГНПП.

Вирівняні ділянки або нижні частини схилів пагорбів зазвичай займають чисті й мішані діброви (*Querceta roboris*, *Carpineto betuli-Querceta roboris*, *Tilieto cordatae-Querceta roboris*, *Carpineto betuli-Fageto sylvaticae-Querceta roboris*). Місцями діброви заміщені похідними грабовими лісами (*Carpineta betuli*).



Рис. 1. Картохема розташування лісових екосистем Галицького національного природного парку. Лісові масиви відмічені темно-сірим кольором.

Fig. 1. The map-scheme of distribution of forest ecosystems at Halych National Nature Park. Wooded lands are marked with dark grey.

Ліси з домінуванням бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) поширені переважно на правобережжі Дністра – найчастіше у середніх і верхніх частинах схилів пагорбів, часто з виходами гіпсів. Крім чистих букових деревостанів (*Fageta sylvaticae*), поширені також бучини зі співдомінуванням інших видів дерев (*Carpineto betuli-Fageta sylvaticae*, *Carpineto betuli-Querceto roboris-Fageta sylvaticae*, *Acereto pseudoplatani-Fageta sylvaticae*, *Tilieta (cordatae)-Acereto pseudoplatani-Fageta sylvaticae* тощо).

Фрагментарно трапляються також яворові (*Acereto pseudoplatani*), ясеніві (*Fraxineta excelsioris*), липові угруповання (*Tilieta cordatae*) тощо.

На південному заході району місцями збереглися флористично бідні ялицево-букові (*Abieto albae-Fageta sylvaticae*), буково-ялицеві (*Fageto sylvaticae-Abieta albae*), а також чисті ялицеві ліси (*Abieta albae*) із суцільними заростями ожини шорсткої (*Rubus hirtus* Waldst. & Kit.) у нижньому ярусі.

У заболочених місцях, ярах, заплавах малих лісових річок поширені вільхові ліси. Частіше трапляються чорновільхові лісові угруповання (*Alneta glutinosae*) і значно рідше – сіровільхові (*Alneta incanae*). У заплавах річок поширені вербняки (*Saliceta albae*). Лісові культури представлені переважно *Quercus rubra* L., *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) H.Karst. За площею у парку переважають діброви, букові та грабові ліси, сумарна частка яких становить 76,7 % (Рис. 2).

За результатами інвентаризації флора лісових угруповань та узлісь станом на 1.01.2020 року об'єднує 303 види судинних рослин, що становить 26,3 % від флори ГНПП. До раритетної складової належить 63 види або 20,8 % від флори сільвантів та узлісних маргіантів. З них 27 видів включено до Червоної книги України [RED DATA BOOK..., 2009] і 36 видів належать до регіонально рідкісних. Один вид (*Cypripedium calceolus* L.) включений також до міжнародних офіційних переліків (Додатки Бернської конвенції, Резолюції 6 Бернської конвенції та Директиви оселищ Ради ЄС).

Як показали дослідження, третина раритетних видів відзначається широкою ценотичною амплітудою, дещо менше їх приналежні до рослинності узлісь. Більшість раритетних видів, для яких притаманна вузька ценотична амплітуда, приурочені до букових лісів (Рис. 3).

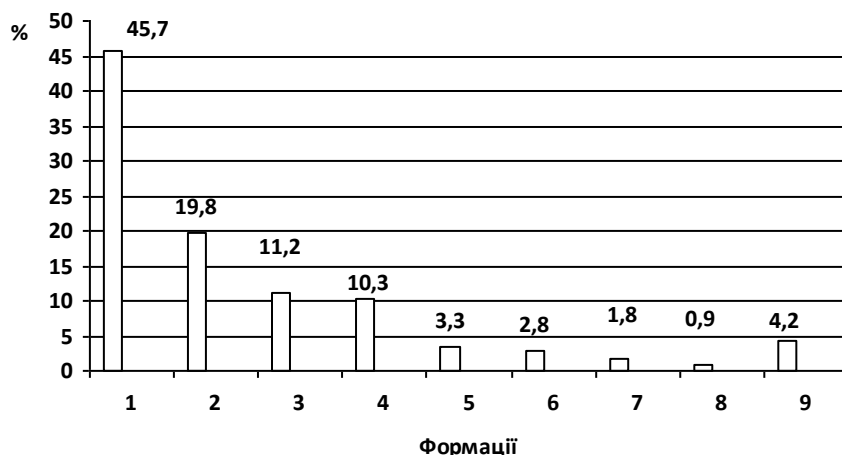


Рис. 2. Розподіл лісових угруповань між основними формаціями ГНПП. Формації: 1 – *Querceta roboris*; 2 – *Fageta sylvaticae*; 3 – *Carpineta betuli*; 4 – *Querceta borealis*; 5 – *Betuleta penduli*; 6 – *Alneta glutinosae*; 7 – *Fraxineta excelsioris*; 8 – *Tilieta cordatae*; 9 – інші формації.

Fig. 2. Distribution of forest communities between the principal formations of Halych NNP. Formations: 1 – *Querceta roboris*; 2 – *Fageta sylvaticae*; 3 – *Carpineta betuli*; 4 – *Querceta borealis*; 5 – *Betuleta penduli*; 6 – *Alneta glutinosae*; 7 – *Fraxineta excelsioris*; 8 – *Tilieta cordatae*; 9 – other formations.

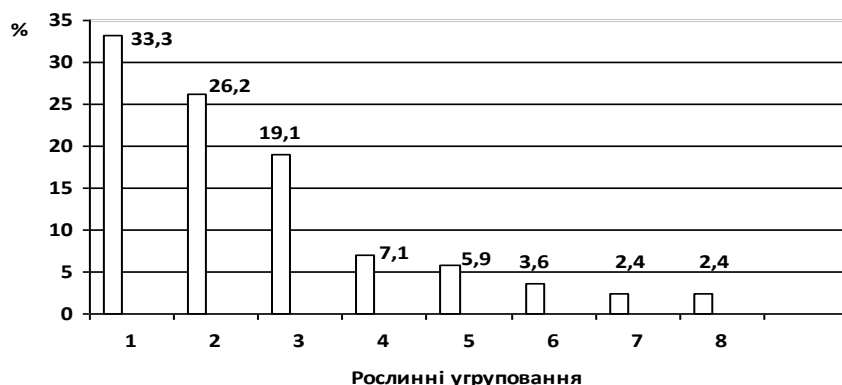


Рис. 3. Ценотична приуроченість раритетних видів судинних рослин у ГНПП. 1 – різні формації лісової рослинності; 2 – узлісся; 3 – *Fageta sylvaticae*; 4 – *Abieta albae*; 5 – *Querceta roboris*; 6 – *Carpineta betuli*; 7 – *Alneta glutinosae*; 8 – *Saliceta albae*.

Fig. 3. Rare species of vascular plants association with forest formations of Halych NNP. 1 – different formations of forest vegetation; 2 – forest margins; 3 – *Fageta sylvaticae*; 4 – *Abieta albae*; 5 – *Querceta roboris*; 6 – *Carpineta betuli*; 7 – *Alneta glutinosae*; 8 – *Saliceta albae*.

Раритетні види лісових екосистем ГНПП суттєво відрізняються за частотою трапляння. Серед них істотно переважають рідкісні види, зокрема 61 % видів на сьогодні відомі з 1–5 локалітетів; особливо рідко (1–2 локалітети) трапляються 25 видів. Видів, відомих з 6–10 локалітетів, – дещо більше чверті. Частка видів, що трапляються порівняно часто (11–20 відомих локалітетів і понад 20 локалітетів), незначна (Рис. 4). Найбільш поширені види – *Lilium martagon* L., а також деякі представники родини *Orchidaceae*.



Рис. 4. Частота трапляння раритетних видів судинних рослин у лісових екосистемах Галицького НПП. Класи частоти трапляння (за В.І. Чопиком, 1978 та В.В. Новосадом і Л.І. Крицькою, 2010): 1 – дуже рідко (1–2 відомі локалітети); 2 – зрідка (3–5 локалітетів); 3 – спорадично (6–10 локалітетів); 4 – звичайно (11–20 локалітетів); 5 – часто (понад 20 локалітетів).

Fig. 4. Hit frequency of rare species of vascular plants in forest ecosystems of Halych NNP.. Classes of occurrence (followed by V.I. Chopyk, 1978 and V.V. Novosad & L.I. Krytska, 2010): 1 – very seldom (1–2 localities known); 2 – seldom (3–5 localities); 3 – sporadically (6–10 localities); 4 – commonly (11–20 localities); 5 – frequently (more than 20 localities).

Для виживання видів вкрай важливе значення має чисельність їх локальних популяцій. За теорією М. Шаффера [SHAFFER, 1981], популяція, чисельність якої менша за мінімально життєздатну, вимре з імовірністю 99 %. Інші автори теж визнавали чисельність особин у популяціях найважливішим показником їх життєздатності [LANDE, 1993; 1998; BOOY et al., 2000; KELLER, WALLER, 2002; REED, FRANKHAM, 2003; VERGEER et al., 2003; LEIMU et al., 2006].

У лісах ГНПП для більшості раритетних видів притаманна низька загальна чисельність, зокрема 81,2 % видів знайдені у кількості від кількох особин до кількох їх сотень. Найбільшу занепокоєність викликають види, загальна чисельність яких становить по кілька особин (15,6 %) (рис. 5). До них належать *Circaea alpina* L., *Atropa bella-donna* L., *Campanula latifolia* L., *Phyteuma spicatum* L. *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Besser тощо. Найбільші частки припадають на види із загальною чисельністю по декілька десятків, а також по декілька сотень виявлених особин (сумарно 65,6 %). Чисельніших видів виявлено мало. Дев'ять видів відомі чисельністю по декілька тисяч особин, а три види (*Allium ursinum* L., *Galanthus nivalis* L. і *Leucojum vernum* L.) – понад мільйон особин.

Відповідно до дещо модифікованої нами шкали стану популяцій В.М. Остапка [ОСТАРКО, 2005], побудованої за їх чисельністю, більше половини популяцій раритетних видів рослин лісових екосистем ГНПП перебувають у критично поганому стані, майже третина – у поганому. І лише стан 4,8 % популяцій можна охарактеризувати як добрий (Рис. 6).

Г. Андрен [ANDREN, 1994] зазначає, що рідкісність видів, попри природні чинники, зокрема вузький географічний ареал, стенотопність, найчастіше обумовлена фрагментацією біотопів – їх знищенням, зменшенням площі й збільшенням відстані між фрагментами, а також їх трансформацією. За даними А. Берга зі співавторами [BERG et al., 1994] наявність раритетних видів залежить від специфічних елементів в оселищах, характерних для давніх лісів. Судинні рослини, зокрема, залежать від екологічних факторів і співвідношення між щільністю й віком лісу. Існування багатьох рідкісних видів рослин в європейських країнах, чисельність яких скорочується або які втрачені на великих площах, залежить від наявності мертвої деревини та старих дерев, пожеж, природного випасання тощо [BERG et al., 1994].



Рис. 5. Орієнтовна загальна чисельність особин раритетних видів судинних рослин у лісових екосистемах Галицького НПП. Класи чисельності: А – одиниці; В – десятки; С – сотні; D – тисячі; Е – десятки тисяч; F – сотні тисяч; G – мільйони.

Fig. 5. Approximate total number of individuals of rare vascular plant species in forest ecosystems of Halych NNP. Numerosity classes: A – ones; B – tens; C – hundreds; D – thousands; E – tens of thousands; F – hundreds of thousands; G – millions.

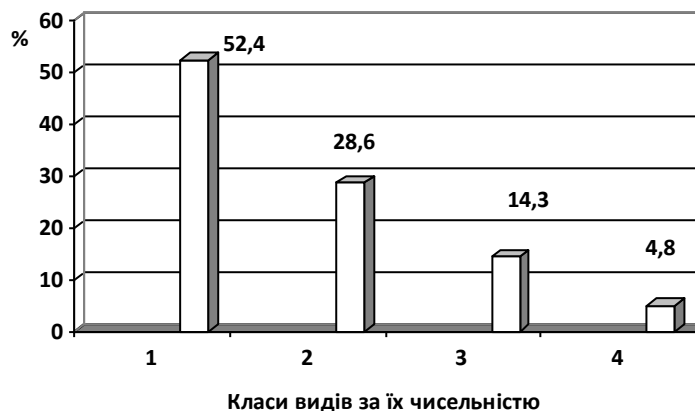


Рис. 6. Стан популяцій раритетних видів рослин у лісових екосистемах Галицького НПП за шкалою В.М. Остапка (2005): 1 – критично поганий (до 100 особин); 2 – поганий (101 особина – 1 тис. особин); 3 – задовільний (1 тис. – 100 тис. особин); 4 – добрий (понад 100 тис. особин).

Fig. 6. State of rare plant species populations in forest ecosystems of Halych NNP in accordance to V.M. Ostapko scale (2005): 1 – critically bad (less than a hundred plants); 2 – bad (101 – 1000 of plants); 3 – satisfactory (a thousand – hundred thousands); 4 – good (over hundred thousands).

Важливе значення мають також світловий режим, наявність локалітетів із сухим і вологим ґрунтом, а також доступного азоту та інших елементів живлення, відповідна кислотність ґрунту тощо [ПЕТЕРКЕН, 1974].

Наші дослідження теж показали, що видове багатство раритетної складової флори лісових екосистем залежить від рівня їх фрагментації та ізоляції, а також від віку насаджень і наближеності до природного стану.

У Блюдницькому й Крилосьькому лісництвах, які представлені великими лісовими масивами із фрагментами старовікових лісів, поширені 60 видів (95,2 %) раритетних видів рослин. Натомість, у Галицькому й Бурштинському лісництвах, представлених невеликими за площею ділянками лісової рослинності, які оточені сільськогосподарськими угіддями та часто мають виразні ознаки антропогенного втручання, раритетних видів – удвічі менше (30 видів або 47,6 %). На багатьох таких ділянках не виявлено жодного раритетного виду судинних рослин. Крім того, для

більшості раритетних видів на невеликих за площею фрагментах лісової рослинності притаманна порівняно мала чисельність особин.

М. Гермі зі співавторами [HERMY et al., 1999] виділили групу реліктових європейських лісових видів, причиною рідкості яких стала слабка здатність колонізувати нові оселища, зокрема й молоді ліси, через низьку інтенсивність продукування діаспор або складну біологію розмноження. Це, зокрема, – *Equisetum hyemale* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Circaea alpina* L., *Cornus mas* L., *Campanula latifolia* L., *Phyteuma spicatum* L., *Gagea spathacea* (Hayne) Salisb., *Lilium martagon*, *Allium ursinum*, *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, *Epipactis purpurata* Smith, *Listera ovata* (L.) R. Br., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Rchb., *Festuca heterophylla* Lam. тощо.

Встановлено, що для раритетної складової флори лісових екосистем ГНПП характерні такі ж тенденції, як і для раритетних видів регіону [ДМУТРАШ-ВАТСЕВА, 2018]. Близько 95 % раритетних видів лісових екосистем ГНПП потребують охорони й постійного моніторингу чисельності популяцій, а 51 вид рослин, які відзначаються низькою чисельністю та поганим станом популяцій, вимагають розробки та впровадження дієвого комплексу заходів щодо відновлення їх чисельності. Для цього, насамперед, необхідно відновити корінні деревостани, характерні для Опілля, довести їх вікову структуру до оптимальної, збільшити площу малих фрагментів лісової рослинності шляхом їх об'єднання, а також за рахунок антропогенно трансформованих біотопів. У парку здійснюється часткове впровадження цих заходів, проте їх реалізація та помітний ефект від неї потребують тривалого часу.

Нижче наведено перелік раритетних видів судинних рослин лісових екосистем ГНПП, у якому вказані типові місця оселення видів і характер їх поширення, а в дужках – клас частоти трапляння за шкалою В.І. Чопика [СНОРУК, 1978], модифікованої В.В. Новосадом і Л.І. Крицькою [NOVOSAD, KRYTS'KA, 2010] і клас чисельності у розрядах чисел.

Конспект раритетних видів судинних рослин лісових екосистем Галицького національного природного парку

LYCOPODIUM annotinum L. – буково-ялицевий ліс, дуже рідко (1; C).

L. clavatum L. – у листяних і мішаних лісах, зрідка (2; C).

HUPERZIA selago (L.) Bernh. ex Schrank & C.Mart. – у букових і грабово-дубових лісах, зрідка (3; C).

EQUISETUM hyemale L. – у ярах, на берегах лісових водойм, зрідка (3; D).

MATTEUCCIA struthiopteris (L.) Tod. – у вербняках, вільхових і дубово-буково-грабових лісах, зрідка (3; D).

DRYOPTERIS cristata (L.) A.Gray – у вільховому лісі, дуже рідко (1; A).

D. dilatata (Hoffm.) A.Gray – у ярах, букових лісах, зрідка (2; A).

D. expansa (C. Presl) Fraser-Jenkis & Jermy – у буково-ялицевому, буковому лісах, дуже рідко (3; B).

GYMNOCARPIUM robertianum (Hoffm.) Newm. – у буковому, ялицево-буковому лісах, зрідка (1; C).

POLYSTICHUM aculeatum (L.) Roth – у ярах, букових лісах, зрідка; частіше на правобережжі Дністра (3; B).

P. braunii (Spenner) Fée – у ярах, букових лісах, зрідка (3; B).

PHYLLITIS scolopendrium (L.) Newman – у букових лісах, на виходах гіпсоангідритів, частіше на правобережжі Дністра (3; D).

ACONITUM moldavicum Hacq. ex Rchb. – у буковому лісі, дуже рідко (1; B).

CIMICIFUGA europaea Schipcz. – на узліссях, дуже рідко (1; A).

- HELLEBORUS purpurascens** Waldst. & Kit. – у дубово-буково-грабовому, буковому лісах, на узліссях, зрідка (2; D).
- QUERCUS petraea** Liebl. – у складі деревостанів, зрідка (3; C).
- LUNARIA rediviva** L. – у дубово-буково-грабових, букових лісах, ярах, зрідка (2; C).
- SISYMBRIUM strictissimum** L. – на узліссях, дуже рідко (2; B).
- CALLUNA vulgaris** (L.) Hull – на узліссях, зрідка (1; B).
- VACCINIUM myrtillus** L. – у букових та буково-ялицевих лісах правобережної частини парку, зрідка (2; C).
- ORTHILIA secunda** (L.) House – у дубово-буково-грабовому та ялицевому лісах, дуже рідко (1; B).
- PYROLA minor** L. – у лісах, зрідка (3; C).
- P. rotundifolia** L. – у грабово-дубово-буковому лісі, дуже рідко (1; B).
- CIRCAEA alpina** L. – у буково-ялицевому лісі, дуже рідко (1; A).
- STAPHYLEA pinnata** L. – у грабово-буково-дубовому лісі, дуже рідко (1; B).
- CORNUS mas** L. – у дубових лісах, зрідка (2; B).
- ASTRANTIA major** L. – на узліссях, зрідка (2; B).
- LASERPITIUM prutenicum** L. – на узліссях, дуже рідко (1; B).
- GENTIANA asclepiadea** L. – на узліссях, зрідка (1; B).
- ATROPA bella-donna** L. – у букових лісах, дуже рідко (1; A).
- SCOPOLIA carniolica** Jacq. – у букових лісах, зрідка (2; D).
- VERONICA urticifolia** Jacq. – у лісах, зрідка (2; B).
- MELITTIS sarmatica** Клоков – на узліссях, спорадично (3; C).
- CAMPANULA latifolia** L. – у грабовій діброві, дуже рідко (1; A).
- PHYTEUMA spicatum** L. – у ялицево-буковому лісі, дуже рідко (1; A).
- DORONICUM austriacum** Jacq. – у лісах, спорадично (2; B).
- ECHINOPS exaltatus** Schrad. – на узліссях, зрідка (2; D).
- GAGEA minima** (L.) Ker Gawl. – на узліссях, зрідка (1; B).
- G. spathacea** (Hayne) Salisb. – у листяних лісах, зрідка (1; B).
- LILIUM martagon** L. – у лісах, на узліссях, часто (5; D).
- ALLIUM ursinum** L. – у лісах, переважно на правобережжі Дністра, звичайно (3; G).
- GALANTHUS nivalis** L. – у лісах, на узліссях, часто (3; G).
- LEUCOJUM vernum** L. – у лісах, ярах, звичайно (3; G).
- GLADIOLUS imbricatus** L. – на узліссях, зрідка (2; B).
- SERPHALANTHERA damasonium** (Mill.) Druce – у листяних лісах, на узліссях, зрідка (2; B).
- C. longifolia** (L.) Fritsch – у листяних лісах, на узліссях, зрідка (4; C).
- C. rubra** (L.) Rich. – у букових лісах, дуже рідко (1; B).
- CYPRIPEDIUM calceolus** L. – на узліссях, зрідка (1; B).
- DACTYLORHIZA fuchsii** (Druce) Soó – у лісах, узліссях, спорадично (3; C).
- D. maculata** (L.) Soó – на узліссях, у лісах, спорадично (4; D).
- EPIPACTIS atrorubens** (Hoffm. ex Bernh.) Besser – у лісах, дуже рідко (1; A).
- E. helleborine** (L.) Crantz – у лісах, на узліссях, спорадично (4; C).
- E. purpurata** Smith – у лісах, на узліссях, спорадично (5; C).
- GYMNADENIA conopsea** (L.) R.Br. – на узліссях, спорадично (3; B).
- LISTERA ovata** (L.) R.Br. – у лісах, на узліссях, звичайно (5; C).
- NEOTIA nidus-avis** (L.) Rich. – у листяних лісах, часто (5; D).
- PLATANATHERA bifolia** (L.) Rich. – у лісах, на узліссях, звичайно (4; C).
- P. chlorantha** (Cust.) Rchb. – в лісах, дуже рідко (1; A).
- AVENELLA flexuosa** (L.) Drejer – на узліссі та в лісі, дуже рідко (1; B).
- FESTUCA heterophylla** Lam. – на узліссях, обабіч лісових доріг, спорадично (3; C).
- F. tenuifolia** Sibth. – на узліссі, дуже рідко (1; B).

ARUM besserianum Schott – у лісах, переважно на лівобережжі Дністра, спорадично (3; С).

CALLA palustris L. – на вільхових болотах, дуже рідко (1; С).

Висновки

Галицький національний природний парк відзначається неоднорідністю геоморфологічних, едафічних, гідрологічних умов, що обумовлює різноманітність лісових екосистем, значна частина яких належить до похідних.

Лісові екосистеми парку – флористично багаті. Раритетна компонента флори становить 63 види судинних рослин або 20,8 %. Для більшості з них притаманна низька частота трапляння, зокрема, 39 % видів відомі з 1–2 локалітетів. Більшість раритетних видів відзначаються малою загальною чисельністю, яка у 15,9 % видів не перевищує кілька особин, а у 36,5 % – кілька їх десятків. Це характеризує стан популяцій більшості раритетних видів рослин лісових екосистем ГНПП як критично поганий чи поганий.

Причина низьких рівнів частоти трапляння й чисельності багатьох раритетних видів судинних рослин полягає у фрагментації та ізоляції лісових масивів, їх малій площі та молодому віці.

Переважна більшість раритетних видів судинних рослин потребують моніторингу чисельності популяцій, активних шляхів охорони, а також нагальної розробки та впровадження менеджмент-планів щодо їх збереження й відновлення.

References

- ANDREN H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos.*, **71**: 355–366. doi: 10.2307/3545823
- BERG Å., EHNSTRÖM B., GUSTAFSSON L., HALLINGBÄCK T., JONSELL M., WESLIEN JA. (1994). Threatened Plant, Animal, and Fungus Species in Swedish Forests: Distribution and Habitat Associations. *Conserv. Biol.*, **8**(3): 718–731. doi: 10.1046/j.1523-1739.1994.08030718
- BOOY G., HENDRIKS R.J.J., SMULDERS M.J.M., GROENENDAEL J.M., VAN VOSMAN B. (2000). Genetic diversity and the survival of populations. *Plant. Biol.*, **2**: 379–395. doi: 10.1055/s-2000-5958
- ЧОПІК V.I. (1978). *Redkie i ischezayuschie rasteniyi Ukrainy*. Kyiv: Naukova dumka, 216 p. (in Ukrainian)
- DMYTRASH-VATSEBA I.I. (2018). *Rare species of vascular plants in Southern Opillya: population state, threats and conservation perspectives*. Ph. D thesis. Kyiv: M.H. Kholodny Institute of Botany. (in Ukrainian)
- EKOLOGICHNA entsyklopediia (2006). U 3 t. (Redkolehia A.V. Tolstoukhov (holovnyi redaktor) ta in. K. : TOV «Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii»). (in Ukrainian)
- FRANKLIN I.R. (1980). *Evolutionary change in small populations*. In: Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective. Soulé M.E., Wilcox B.A. (eds.). Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 135–140.
- HANNAH L., CARR J.L., LANKERANI A. (1995). Human disturbance and natural habitat: level analysis of a global data set. *Biodivers. and Conserv.*, **4**: 128–155. doi: 10.1007/BF00137781
- HERMY M., HONNAY O., FIRBANK L., GRASHOF-BOKDAM C., LAWESSON J.E. (1999). An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biol. Conserv.*, **91**: 9–22. doi: 10.1016/S0006-3207(99)00045-2.
- KELLER L.F., WALLER D.M. (2002). Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology and Evolution.*, **17**(5): 230–241. doi: 10.1016/S0169-5347(02)02489-8
- KOZŁOWSKA A. (1931). Elementy genetyczne i pochodzenie flory stepowej Polski. *Bull. Acad. pol.*, **4**: 1–110. (in Polish)
- KUKOVITSA G.S. (1970). The largest plot of spear-grass steppe in Podolia. *Ukr. Bot. J.*, **27**(1): 111–113. (in Ukrainian)
- KUKOVITSA G.S. (1976). *Stepnaya rastitel'nost Opolya i ee ohrana*. In: Aktualnyie voprosy sovremennoy botaniki. Kyiv, 78–92. (in Russian)
- KUKOVITSA G.S., DIDUKH YA.P., SHELYAG-SOSONKO YU.R., ABDULOYEVA O.S. (1998). Syntaxonomy of meadow steppes as a restricted natural territory of the republican significance (Kasova, Chortova). *Ukr. Phytosoc. Col. Ser. A.*, **2**(11): 42–61. (in Ukrainian)
- LANDE R. (1993). Risks of population extinction from demographic and environmental stochasticity and random catastrophes. *American Naturalist*, **142**: 911–927.

- LANDE R. (1998). Anthropogenic, ecological and genetic factors in extinction and conservation. *Researches on Population Ecology*, **40**: 259–269. doi: 10.1007/BF02763457
- LEIMU R., MUTIKAINEN P., KORICHEVA J., FISCHER M. (2006). How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? *J. of Ecol.*, **94**: 942–952. doi: 10.1111/j.1365-2745.2006.01150
- MOSYAKIN S.L., FEDORONCHUK M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv, 346 p.
- NATSIONANYI atlas Ukrainy (2007). (hol. red. L.H. Rudenko, holova redkolehii B. Ye. Paton). Kyiv: DNVP «Kartohrafiia», 440 p. (in Ukrainian)
- NOVOSAD V.V., KRYTSKA L.I. (2010). *Phyto- and flora diversity of the Middle Transdnestrria region. Vascular plants*. V.1. Kyiv: Phytion, 148 p. (in Ukrainian)
- OMELCHUK-MYAKUSHKO T.YA., ZAVERUKHA B.V. (1978). The new species *Sedum antiquum* Omelcz. et Zaverucha sp. nova. *Ukr. Bot. J.*, **35**(2): 180–184. (in Ukrainian)
- ONYSHCHENKO V.A., SHUMSKA N.V. (2011). Forest vegetation of Halytsky National Nature Park. *Scient. Herald of Chern. Univer. Biology (Biological System)*, **3**(4): 427–437. (in Ukrainian)
- OSTAPKO V.M. (2005). *Eidological, population and coenotic foundations of phytosozology in the south-east of Ukraine*. Donetsk: Lebed', 408 p. (in Russian)
- PETERKEN G.F. (1974). A method for assessing woodland flora for conservation using indicator species. *Biolog. Conserv.*, **6**(4): 239–245. doi: 10.1016/0006-3207(74)90001-9
- PRODROMUS rastitelnosti Ukrainy (1991). Malinovskiy K.A. (ed.). Kiev: Nauk. dumka, 272 p. (in Russian)
- PRYRODA Ivano-Frankivskoyi oblasti (1973). Herenchuk K.I. (ed.). L'viv: Vyshcha shkola, 160 p. (in Ukrainian)
- RED data book of Ukraine. Plant kingdom (2009). Didukh Ya.P. (ed.). Kyiv: Globalkonsalting, 612 p. (in Ukrainian)
- REED H., FRANKHAM R. (2003). Correlation between Fitness and Genetic Diversity. *Conserv. Biol.*, **17**: 230–237. doi: 10.1046/j.1523-1739.2003.01236.x
- SHAFFER M.L. (1981). Minimum population sizes for species conservation. *BioScience*, **31**(2): 131–134. doi:10.2307/1308256
- SHELYAG-SOSONKO YU.R., DIDUKH YA.P., EREMENKO L.P., KUKOVITSA G.S., ZHIZHIN N.P. (1981). Plants of the Kasova Mountain (Opolye). *Ukr. Bot. J.*, **38**(3): 60–66. (in Ukrainian)
- SHUMSKA N.V., ONYSHCHENKO V.A., MALANIUK V.B. (2012). *NPP Halytsky*. In: Phytodiversity of nature reserves and national nature parks of Ukraine. P. 2. National nature parks. Kyiv: Phytosociocentre, 105–123. (in Ukrainian)
- SHUMSKA N., SYTSCHAK N., DMYTRASH-VATSEBA I., KAGALO O. (2019). Synopsis of vascular plants flora of Halych National Nature Park and adjacent areas. *Scientific principles of biodiversity conservation*, **10**(17): 159–254. (in Ukrainian)
- SZAFER W. (1935). Las i step na zachodniem Podolu. *Ibid.*, **71**: 1–123. (in Polish)
- VERGEER P., RENGELINK R., COPAL A., OUBORG V.J. (2003). The interacting effects of genetic variation, habitat quality and population size on performance of *Succisa pratensis*. *J. of Ecology*, **91**: 18–26. doi: 10.1046/j.1365-2745.2003.00736
- WIERDAK SZ. (1916). Roślinność Bolszowiec (Przyczynek do znajomości flory Opola). *Spraw. Komis. Fizyogr.*, **50**: 13–31. (in Polish)
- WIERDAK SZ. (1926). Zapiski florystyczne z Opola. *Ibid.*, **51**(1–4): 55–74. (in Polish)
- WIERDAK SZ. (1932). O ochronę skał gipsowych i otaczającej je halawy w Międzyhorach. *Ochr. przyr.*, **12**: 51–54. (in Polish)
- WIERDAK SZ. (1936). Zanikanie resztek stepów na Opolu. *Kwart. biul. inf. ochr. przyr.*, **6**(4): 31–32. (in Polish)
- ZAVERUKHA B.V. (1978). New locality of the rare for the Soviet Union *Festuceta pallentis* formation in the Podolian uplift. *Ukr. Bot. J.*, **35**(1): 42–45. (in Ukrainian)
- ZHIZHIN N.P., KAGALO A.A., SHELYAG-SOSONKO YU.P. (1990). State and prospects of protection of *Crambe tataria* Sebeók cenopopulations in Opolie (Ukr. SSR). *Ukr. Bot. J.*, **47**(6): 77–79. (in Ukrainian)

Національна інфраструктура зберігання фітосоціологічних даних України: теоретичні аспекти

СВІТЛАНА МИКОЛАЇВНА ЄМЕЛЬЯНОВА
ДЕНИС СЕРГІЙОВИЧ ВІНОКУРОВ

EMELIANOVA S.M., VYNOKUROV D.S. (2020). **National infrastructure of phytosociological data storage of Ukraine: theoretical aspects.** *Chornomors'k. bot. z.*, **16** (4): 303–311. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-3

The article describes the role and prospects of using modern phytosociological databases for complex geobotanical researches. Based on the analysis of foreign and national experience in creating such information resources, the need for their development and standardization by forming a national infrastructure for the input, accumulation, and storage of phytosociological data of Ukraine is substantiated. Such infrastructure provides the development and implementation of unified technical protocols and normative-methodical rules of digitalization, compilation, management, and the use of phytosociological data for complex meta-analyses. Within the one software technical protocols should combine a single taxonomic list to enter data about the species composition of phytocoenoses, as well as a unified form of header data to add other information on plant communities. Based on the analysis of the existing floristic lists used by Ukrainian phytosociologists, the need to create a new most complete species list with current taxonomic data, which will be periodically updated, is provided. Such a list should unite all taxa of vascular plants and cryptogams known from the territory of Ukraine, be as complete and correct as possible. A standard metadata structure has been developed to enter information on the vertical and horizontal structure of phytocoenoses, ecological and physical-geographical conditions, zoological value, as well as habitat and syntaxonomic affiliation of each geobotanical relevé. A communication system is proposed to obtain phytosociological information necessary for specific research, as well as possible forms of control over the move and use of information protected by copyright. Forms of access to data, mechanisms for obtaining them, and a list of rules for regulating compliance with copyright and scientific ethics in the use of data in the analysis process have been developed.

Keywords: data bases, phytosociology, vegetation, Ukraine

ЄМЕЛЬЯНОВА С.М., ВІНОКУРОВ Д.С. (2020). **Національна інфраструктура зберігання фітосоціологічних даних України: теоретичні аспекти.** *Чорноморськ. бот. ж.*, **16** (4): 303–311. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-3

У статті охарактеризовані роль та перспективи використання сучасних фітосоціологічних баз даних для комплексних геоботанічних досліджень. На основі аналізу зарубіжного та вітчизняного досвіду створення такого роду інформаційних ресурсів обґрунтовано необхідність їх розбудови та стандартизації шляхом формування національної інфраструктури для введення, накопичення та зберігання фітосоціологічних даних України. Така інфраструктура передбачає розроблення та впровадження уніфікованих технічних протоколів та нормативно-методичних правил дигіталізації, компіляції, менеджменту та використання фітосоціологічних даних для комплексних метааналізів. Технічні протоколи в рамках однієї програмної оболонки мають об'єднати єдиний флористичний список для введення даних щодо видового складу фітоценозів, а також уніфіковану форму заголовних даних для додавання іншої інформації щодо рослинних угруповань. Базуючись на аналізі наявних флористичних списків, що використовуються українськими фітосоціологами



© Emelianova S.M., Vynokurov D.S.

M.G. Kholodny Institute of Botany National Academy of Sciences of Ukraine, Tereshchenkivska str., 2, Kyiv, 01601, Ukraine

e-mail: yemelianova.sv@gmail.com

Submitted 8 September 2020

Recommended by V. Shapoval

Published 31 December 2020

обґрунтовано необхідність створення нового найбільш повного флористичного зведення із актуальними таксономічними даними, що періодично оновлюватимуться. Такий список має об'єднати усі відомі з території України таксони судинних та криптогамних рослин, бути максимально повним та коректним. Розроблена стандартна структура метаданих для введення інформації щодо вертикальної і горизонтальної будови угруповань, екологічних та фізико-географічних умов, соціологічної цінності, а також біотопічної та синтаксономічної належності кожного геоботанічного опису. Запропоновано систему комунікації для отримання фітосоціологічної інформації необхідної для конкретних досліджень, а також можливі форми контролю за потоками та використанням інформації захищеної авторським правом. Розроблено форми доступу до даних, механізми їх отримання та перелік правил щодо регламентації дотримання норм авторського права та наукової етики під час використання даних у процесі аналізів.

Ключові слова: бази даних, фітосоціологія, рослинність, Україна

ЕМЕЛЬЯНОВА С.Н., ВИНОКУРОВ Д.С. (2020). **Национальная инфраструктура сохранения фитосоциологических данных Украины: теоретические аспекты.** *Черноморск. бот. ж.*, **16** (4): 303–311. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-3

В статье охарактеризованы роль и перспективы использования современных фитосоциологических баз данных для комплексных геоботанических исследований. На основе анализа зарубежного и отечественного опыта создания такого рода информационных ресурсов обоснована необходимость их развития и стандартизации путем формирования национальной инфраструктуры для ввода, накопления и хранения фитосоциологических данных Украины. Такая инфраструктура предусматривает разработку и внедрение унифицированных технических протоколов и нормативно-методических правил дигитализации, компиляции, менеджмента и использования фитосоциологических данных для комплексных мета-анализов. Технические протоколы в рамках одной программной оболочки должны объединить единый флористический список для ввода данных о видовом составе фитоценозов, а также унифицированную форму заглавных данных для добавления другой информации о растительных сообществах. Основываясь на анализе имеющихся флористических списков, которые используются украинскими фитосоциологами, обоснована необходимость создания нового наиболее полного списка видов с актуальными таксономическими данными. Такой список должен объединить все известные с территории Украины таксоны сосудистых и криптогамных растений, быть максимально полным и корректным. Разработана стандартная структура метаданных для ввода информации о вертикальном и горизонтальном строении сообществ, экологических и физико-географических условий, соціологічної цінності, а также біотопічної і синтаксономічної приналежності кожного геоботанічного описання. Предложена система коммуникации для получения фитосоциологической информации необходимой для конкретных исследований, а также возможные формы контроля над потоками и использованием информации защищенной авторским правом. Разработаны формы доступа к данным, механизмы их получения и перечень правил регламентации для соблюдения норм авторского права и научной этики при использовании данных в процессе анализа.

Ключевые слова: базы данных, фитосоциология, растительность, Украина

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій великі масиви даних є неодмінним атрибутом комплексного пізнання об'єктів та явищ природи, зокрема і рослинності [ЕМЕЛЬЯНОВА, КУЗЕМКО, 2017]. Особливий інтерес складають описові дані фітоценозів, які є основою різноманітності, структури та функціонування екосистем. Інформація щодо спільного зростання рослин на певній території, їх кількісне та якісне співвідношення, що зібрані у конкретні геоботанічні описи, є специфічними даними про фіторізноманіття [СНУТРÝ et al., 2016]. На відміну від інформації щодо поширення окремих видів, вони є основою для комплексних аналітичних розробок та прогнозних

оцінок. Саме тому, створення та розбудова баз даних рослинності, як особливого джерела інформації, є одним із провідних напрямків діяльності науковців усього світу.

Ідея накопичення та збереження фітосоціологічної інформації у спеціальних фітоценотеках, а згодом і електронних архівах належить європейським фітосоціологам. Саме у країнах Західної Європи вперше з'явилися концепції та започатковано ряд проектів зі створення національних фітосоціологічних баз даних, які мали на меті використання великих масивів накопиченої інформації спочатку для детальних синтаксономічних оглядів рослинності окремих країн, а згодом для різного роду флористичних, екологічних та біогеографічних досліджень.

На початку 1980-х років найбільші бази даних із комп'ютеризованою геоботанічною інформацією, були зареєстровані у Франції, Нідерландах та Німеччині [SCHAMINÉE et al., 2009]. Поступово цей процес охопив більшість європейських країн де було створено чимало інформаційних ресурсів у вигляді загальнонаціональних або регіональних баз даних. Нині у європейських електронних архівах зберігається понад 2,1 млн. геоботанічних описів і їх накопичення триває [DENGLER et al., 2012a]. Нові дані не лише доповнюють інформацію щодо рослинного покриву тієї чи іншої території, але й стають основою для нових досліджень.

Неабиякої актуальності процес формування та розбудови подібних інформаційних ресурсів, особливо на загальнонаціональному рівні, набуває і в Україні. Зокрема, їх відсутність не дає можливості вирішити першочергове завдання вітчизняної фітоценології – здійснити об'єктивну оцінку існуючого фітоценотичного різноманіття нашої держави, а також розв'язати багато інших наукових задач. Проте дані, які будуть застосовуватися, особливо у процесі порівняння або залучення до спільного аналізу із різних джерел повинні відповідати критеріям сумісності і обов'язково бути уніфікованими, тобто введені в одному цифровому форматі та на основі єдиних технічних протоколів. Саме тому формування інфраструктури для накопичення геоботанічної інформації є першочерговим і необхідним кроком у процесі створення і розбудови таких потужних мультифункціональних ресурсів як фітосоціологічні бази даних рослинності.

Результати досліджень та їх обговорення.

Інфраструктура для збереження та накопичення фітосоціологічних даних являє собою імплементовані до однієї програмної оболонки технічні протоколи та сукупність нормативно-методичних правил для дигіталізації, компіляції та менеджменту інформації і включає:

- єдиний флористичний список;
- уніфіковану форму введення заголовних даних геоботанічних описів;
- чітку систему комунікації для отримання доступу до даних;
- перелік правил щодо регламентації дотримання норм авторського права та наукової етики під час використання даних у процесі аналізів та наукових розробок.

У європейських країнах для введення, зберігання, редагування та відбору геоботанічних даних використовується спеціальний програмний пакет який був розроблений С. Хеннекенсом ще на початку 1990-х років [HENNEKENS, 1995]. Пізніше, на засіданні робочої групи з огляду рослинності Європи – European Vegetation Survey (EVS), TURBOVEG було прийнято за міжнародний стандарт для створення фітосоціологічних баз та проведення операцій з їх управління [HENNEKENS, SCHAMINÉE, 2001]. Завдяки доступності і простоті у введенні великої кількості необхідної інформації, зручності інтерфейсу, підтримці різних форматів комп'ютеризованих даних та можливості їх експорту, а також зв'язку з іншими програмними пакетами, які використовувалися для статистичної обробки великих масивів даних, програма набула широкого застосування. З її допомогою тепер проводиться уся комп'ютеризація

геоботанічних описів та формування приватних, регіональних, національних та загальноєвропейських фітосоціологічних баз даних.

Основою створення будь-якої фітосоціологічної бази даних є єдиний флористичний список (**Species List**) за допомогою якого відбувається введення геоботанічних описів. Процес його формування загалом досить складний і потребує врахування декількох важливих аспектів. В першу чергу, мова йде про таксономічну концепцію та номенклатуру видів, адже у флористичному списку мають бути наведені лише валідні назви таксонів. Проте зосереджуючись на правильності номенклатури, узгодженості, відповідно, потребує й обсяг виду з прийнятою назвою [DENGLER et al., 2012b]. Особливо це має значення для геоботанічних даних різних хронологічних зрізів та їх спільного аналізу. Окрім того, список видів для фітосоціологічних баз даних повинен відповідати принципу комплексності та повноти. Це означає, що в межах одного ресурсу мають бути поєднані усі групи рослин: судинні, мохоподібні, лишайники та водорості. Така необхідність зумовлена не лише потребою введення повних геоботанічних описів, наприклад де представники мохово-лишайникового ярусу є постійною і невід'ємною складовою фітоценозу. У деяких з них криптогамні види є діагностичними, тому їх повний таксономічний перелік – необхідна умова коректного синтаксономічного визначення того чи іншого рослинного угруповання. Крім того, сучасні фітосоціологічні бази даних є важливим джерелом інформації про бріо-, ліхено- та альгоценози, способом її впорядкування та накопичення.

Принцип повноти має бути витриманий і в межах окремих таксономічних комплексів. Зокрема, до складу флористичного списку судинних рослин необхідно включати не лише аборигенні, але й чужорідні види, зокрема ті, що не досягли високого ступеня натуралізації. Слід також врахувати усі гібриди і агрегати, які є невід'ємною складовою флори будь-якого регіону.

Процес створення єдиного флористичного списку для введення та накопичення української фітосоціологічної інформації загалом був досить складним. На початкових етапах імплементації програмної оболонки TURBOVEG для набору геоботанічних описів вітчизняними вченими найчастіше використовувалися кілька таксономічних списків. Зокрема, це переліки видів, створені на основі визначника судинних рослин України [OPREDELITEL..., 1987] (так званий «New species list»), флористичного зведення С.К. Черепанова для Росії та територій суміжних держав («Russia») [CHEREPANOV, 1995], флори Європи («Europe») [Flora..., 1964-1980], а також номенклатурного чеклиста флори України («Ukraine2010») [MOSYAKIN, FEDORONCHUK, 1999]. Проте жоден з них не став загальнозживаним, адже мав свої недоліки, що значно ускладнювало його використання у якості стандарту. Попри те що, списки, які базуються на «Flora Europaea» та номенклатурному зведенні С.К. Черепанова є найбільш коректно сформованими, містять синоніми і досить розлогі списки криптогамних видів, чимало таксонів із флори України у них відсутні, що потребує їх окремого введення та порушує автентичність і уніфікованість названих списків. Крім того, у таксономічному переліку на базі «Flora Europaea» види прийняті у дуже широкому розумінні і чимало з флори України, зокрема ендемічних, зведені у синоніми. Наприклад, три види роду *Puccinellia*, які вітчизняні таксономісти розглядають як самостійні – *Puccinellia bylikiana* Klokov, *P. syvaschica* Bilyk, *P. fominii* Bilyk у списку на основі флори Європи приймаються як синонімічні назви одного таксону *Puccinellia festuciformis* ssp. *convoluta* (Hornem.) W.E. Hughes. Така ситуація призводить до того, що виділені на території України синтаксономічні одиниці на основі такої фітосоціологічної інформації мають дуже широкий обсяг, біогеографічна специфіка рослинного покриву нашої держави нівелюється, а синтаксономічне різноманіття місцями штучно занижується.

Списки видів, що були найбільш прийнятними для введення описів рослинності України – «New species list» та «Ukraine2010» – теж не були прийняті у якості стандартних. Попри те, що вони найбільш повно кількісно і якісно відображали склад флори України ці переліки також мали чимало недоліків. Так, у «New species list» наявні лише судинні рослини, натомість введення мохів, лишайників та водоростей є неможливим і потребує підключення додаткових ресурсів. У переліку «Ukraine2010» деякі види були відсутні, хоча наявні у самому виданні [MOSYAKIN, FEDORONCHUK, 1999]. Обидва списки містять також велику кількість орфографічних та таксономічних помилок, які дублюються у фітосоціологічних роботах. Неправильно трансформовані й діакритичні символи (á, ë, û тощо), які внаслідок неможливості перекодування відображалися у програмному забезпеченні TURBOVEG некоректно. Такого роду помилки не лише ускладнювали використання цих списків для введення даних, але й значно обмежували функціональні можливості переліків, оскільки не дозволяли коректно використовувати їх під час проведення ординаційних та фітоіндикаційних аналізів, зокрема на етапі підключення екологічних шкал.

У підсумку для потреб введення фітосоціологічних даних вітчизняні науковці використовували неповні чи некоректні списки видів або ж свої авторські версії. Це робило неможливим поєднання баз даних геоботанічних описів, набраних із застосуванням різних переліків видів та проведення їх подальшого аналізу, а також значно ускладнювало роботу з експортованими із таких баз даних файлами, наприклад під час об'єднання описів з різних джерел для потреб спільного аналізу.

Таким чином, очевидно, що є нагальна потреба у єдиному, сучасному, коректному, узагальненому та легкодоступному списку усіх таксонів флори України для формування фітосоціологічних баз даних та їх подальшого аналізу. Такий перелік повинен:

- об'єднати усі відомі з території України таксони судинних та криптогамних рослин на основі узгодженої і єдиної номенклатурної концепції;
- базуватися на найновіших номенклатурних зведеннях для кожної таксономічної групи;
- бути максимально повним і в разі потреби вчасно оновлюватися.

Згенерувавши список видів не достатньо навести перелік їх назв. Такий перелік має бути прив'язаний до певного таксономічного зведення, яке містить повну інформацію щодо видів, зокрема валідну назву, синоніми, трактування обраної концепції. Прийнятий номенклатурний перелік повинен бути контрольованим і динамічним, де наповнення можна постійно змінювати для прийняття нових даних або ж виправляти виявлені помилки. Кожні наступні оновлення в рамках дотримання уніфікованості протоколу слід проводити централізовано і обов'язково доводити до відома усіх користувачів.

Для створення будь-якої фітосоціологічної бази даних важливим є не лише уніфікований флористичний список, але й стандартна структура метаданих, так званий "Rorup List". Якщо таксономічний перелік необхідний для введення інформації щодо якісного складу рослинного угруповання, то стандартна форма заголовних даних дає можливість охарактеризувати фітоценоз з позицій його вертикальної і горизонтальної структури, а також екологічних умов. Застосування різних алгоритмів та програмної лексики у таких випадках створюють значні труднощі під час обміну та компіляції геоботанічних описів в межах одного ресурсу. Навіть якщо введення фітосоціологічних матеріалів здійснюється на базі загальноприйнятої платформи TURBOVEG, вони не завжди можуть бути безперешкодно об'єднані та інтегровані. Так, поряд із загальноприйнятою версією, яка має чітко визначену структуру та атрибутику, для введення даних вітчизняними науковцями часто застосовуються словники, які необхідні для реалізації міжнародних проектів у яких вони беруть участь, наприклад

для оцінки біорізноманіття ксеротермних лук та ін., або свої «авторські» модифікації із власноруч доданими полями, відсутніми в стандартному бланку заголовних даних.

Стандартний бланк (Form 1), що використовується по замовчуванню в звичайній не розробленій для конкретних проектів інсталяційній версії Turboveg [TURBOVEG...,2020] містить важливі дані щодо фітоценозу, а в сукупності дає його комплексну кількісну та якісну синморфологічну та екологічну характеристику. В цілому форма має 34 поля для заповнення (табл. 1), сім з яких доповнені допоміжними списками, що дозволяють додавати різного роду інформацію.

Таблиця 1.

Стандартні поля форми заголовних даних у програмній оболонці Turboveg

Table 1.

Standard header form fields in the Turboveg software shell

№.	Назва	Коротка характеристика.
1.	Cover abundance scale	Шкала проективного покриття видів.
2.	Country code	Код країни на території якої виконано геоботанічний опис
3.	Biblioference	Бібліографічне посилання для доданого до фітосоціологічної бази даних опису
4.	Nr table in publication	Номер таблиці у публікації з якої додано опис
5.	Nr relevé in table	Номер опису у таблиці з якої додано опис
6.	Project code	Код проекту у рамках якого були виконані або згенеровані до окремої бази геоботанічні описи
7.	Author code	Код автора, що позначає виконавця конкретного геоботанічного опису
8.	Date (year/month/day)	Дата виконання опису
9.	Syntaxon code	Код синтаксону до якого належить опис, що вводиться у базу даних
10.	Relevé area (m²)	Площа на якій проводилося дослідження конкретного рослинного угруповання
11.	Altitude (m)	Висота над рівнем моря
12.	Slope (degrees)	Крутизна схилу
13.	Aspect	Експозиція схилу
14.	Cover total	Загальне проективне покриття видів у фітоценозі
15.	Cover tree layer	Проективне покриття деревного ярусу
16.	Cover shrub layer	Проективне покриття чагарникового ярусу
17.	Cover herb layer	Проективне покриття трав'яного ярусу
18.	Cover moss layer	Проективне покриття ярусу мохів
19.	Cover lichen layer	Проективне покриття ярусу лишайників
20.	Cover algae layer	Проективне покриття ярусу водоростей
21.	Cover litter layer	Покриття лісової підстилки
22.	Cover open water	Площа відкритого водного дзеркала
23.	Cover bare rock	Площа оголених скель
24.	Height (highest) tree (m)	Висота (найвищого) дерева
25.	Height lowest tree (m)	Висота найнижчого дерева
26.	Height (highest) shrub (m)	Висота (найвищого) куща
27.	Height lowest shrub (m)	Висота найнижчого куща
28.	Aver. height highest herb (cm)	Середня висота найвищих трав
29.	Aver. height lowest herb (cm)	Середня висота найнижчих трав
30.	Maximum height herbs (cm)	Максимальна висота трав
31.	Maximum height cryptogams (mm)	Максимальна висота криптогамних рослин
32.	Mosses identified (Y/N)	Мохи ідентифіковані (так чи ні)
33.	Lichens identified (Y/N)	Лишайники ідентифіковані (так чи ні)
34.	Remarks	Примітки

Для введення додаткової важливої щодо конкретного опису інформації, для якої не передбачено відповідних полів у програмній оболонці Turboveg українські фітосоціологи, часто застосовують поле **Remarks**. Зокрема, у ньому часто зазначають абіотичні характеристики екотопу де розташовувалася описова ділянка, зокрема щодо типу ґрунту або донних відкладів, рівня залягання ґрунтових вод, реакції ґрунтового розчину, наявності і швидкості течії тощо, а також географічного положення виконаного опису. Інколи у «Примітках» вказують також синтаксономічну приналежність описів, які додавалися із літературних джерел. Це зумовлено тим, що з

одного боку поле «Remarks» може містити чималу кількість даних як у цифровому форматі так і у вигляді звичайного тексту, а з іншого необхідністю збереження максимально повної інформації щодо угруповань. Однак таке використання приміток є некоректним. До даного поля необхідно вводити тільки дуже важливу інформацію, що стосується лише конкретного геоботанічного опису, і для якої створення додаткових полів або форм є невиправданим з точки зору загальної необхідності. Крім того, введення різноманітної інформації неупорядкованої за певними стандартними формами значно ускладнює відбір та менеджмент даних у фітосоціологічних базах, що є запорукою формування вибірок придатних до коректного аналізу.

Для вичерпної характеристики конкретного опису до стандартної форми заголовних даних доцільно включити й інші поля, що міститимуть додаткову географічну, екологічну, біотопічну та синтаксономічну інформацію. Зокрема, для точної географічної фіксації описової ділянки слід додати **Coordinate system** (Система координат), **Longitude** (Довгота), **Latitude** (Широта). Саме через брак геореферентних даних складно виявити території, що потребують першочергових детальних комплексних геоботанічних досліджень та провести оцінку географічної репрезентативності фітосоціологічної інформації України. Крім того, відсутність описів із точною географічною прив'язкою часто стає на заваді їх активного залучення до міжнародних проектів. Місце виконаного геоботанічного опису також слід деталізувати шляхом додавання адміністративно-територіальної та ландшафтної прив'язки через створення відповідних полів. Так, **Region** (Область) і **District** (Район) дозволить вказати область та район відповідно до чинного адміністративно-територіального поділу України, а **Locality** (Місце розташування) та **River** (Річка) навести назви конкретних населених пунктів, урочищ, долин річок тощо.

Оскільки, сучасні фітосоціологічні бази даних є важливим джерелом інформації для оцінки різноманітності та класифікації біотопів [KUZEMKO et al., 2017] не зайвими будуть поля, що дозволять провести відбір даних за обраними типами біотопів. Так, **Biotope code** (Код біотопу) дасть можливість вказати відповідну інформацію за Національним каталогом біотопів України [NATIONAL..., 2018], **Natura 2000 code** (Натура 2000 код) – за Директивою Ради Європи 92/43/ЄЕС [Council..., 1992], **Emerald code** (Емеральд код) – за Резолюцією 4 Бернської конвенції [INTERPRETATION..., 2018]. Додатково також варто ввести поля **Original class name** (Назва класу в оригіналі), **Original order name** (Назва порядку в оригіналі), **Original alliance name** (Назва союзу в оригіналі), **Original association name** (Назва асоціації в оригіналі). Додавання такої інформації передбачене для описів введених з літературних джерел і які вже пройшли процедуру класифікації і важливе з кількох причин. По перше, часто внаслідок накопичення великих масивів даних виникає необхідність у перегляді існуючих класифікаційних схем рослинності шляхом проведення критичних ревізій. У їх результаті визначена раніше синтаксономічна приналежність конкретного рослинного угруповання може бути змінена шляхом актуалізації вихідних даних та перегляду існуючих концепцій і обсягів класифікаційних одиниць. По друге, зазначення такого роду інформації важливе для простеження динаміки та сукцесійних зв'язків синтаксонів у часі та просторі. По третє, порівняння таких описів з протологами дасть можливість підтвердити або спростувати їх належність до тієї чи іншої класифікаційної одиниці.

Проведення широкомасштабних аналізів та оглядів потребує не лише оперування великими вибірками даних, але й передбачає координацію досліджень шляхом обміну необхідною інформацією. У межах приватних електронних архівів доступ і використання даних регулюють безпосередньо власники. Проте на рівні великих тематичних або загальнонаціональних ресурсів є необхідність розроблення окремого алгоритму зберігання та доступу до інформації, а також механізмів її

отримання. Саме тому задля дотримання авторських прав та норм наукової етики у процесі доступу до даних та їх використання система комунікації між власниками даних має бути максимально зрозумілою і чіткою. У цьому аспекті найбільш оптимальною є організація надання фітосоціологічних даних за зразком процедури, що використовується у European Vegetation Archive (EVA) [EUROPEAN..., 2020] через її адаптацію до національного фітосоціологічного процесу. Зокрема, мова йде про оформлення запитів на надання конкретних даних до менеджерів великих фітосоціологічних баз, що забезпечить певний контроль за потоками та використанням інформації захищеної авторським правом. Такий запит повинен містити ім'я та адресу заявника, назву проекту, короткий опис цілей та методів дослідження, орієнтовний час представлення результатів, (наприклад, подання рукопису публікації), критерії відбору даних та пропозиції щодо можливого співавторства у публікаціях на основі отриманих даних. Зокрема, рекомендовано пропонувати співавторство представнику від кожної бази даних, що залучені до аналізу, якщо дані є особливо важливими для проекту (наприклад, унікальні чи малодосліджені типи рослинності, недостатньо представлені географічні райони) або становлять не менше певного відсотку кінцевого набору. Особи повинні бути експертами по темі дослідження і брати участь у проекті більше, ніж просто надаючи свої дані, наприклад, інтелектуальним внеском у концепцію дослідження, підготовкою нових даних або допомогою їх аналізу, інтерпретації результатів тощо [CODE..., 2013].

Висновки

Введення та накопичення інформації у великих фітосоціологічних базах за типовими бланками заголовних даних та уніфікованим флористичним списком є досить проблематичним і водночас вкрай необхідним. Проте розбудова саме таких баз даних, зокрема на основі єдиних стандартизованих технічних протоколів значною мірою сприятиме підвищенню ефективності використання великих масивів фітосоціологічних описів для широкомасштабних порівняльних досліджень. Адже лише максимально правильно і чітко введені дані та сформовані на їх основі вибірки дозволять проводити коректні метааналізи, що на порядок підвищить об'єктивність та точність отриманих результатів.

References

- CHEREPANOV S.K. (1995). *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredelnykh gosudarstv (v predelah byvshego SSSR)*. SPb: Mir i semya, 992 p. (in Russian)
- CHYTRÝ M., HENNEKENS S.M., JIMÉNEZ-ALFARO B., KNOLLOVÁ I., DENGLER J., JANSEN F., LANDUCCI F., SCHAMINÉE J.H.J., AČIĆ S., AGRILLO E., AMBARLI D., ANGELINI P., APOSTOLOVA I., ATTORRE F., BERG C., BERGMEIER E., BIURRUN I., BOTTA-DUKÁT Z., BRISSE H., CAMPOS J.A., CARLÓN L., ČARNI A., CASELLA L., CSIKY J., ČUŠTEREVSKA R., DAJČ STEVANOVIĆ Z., DANIELKA J., DE BIE E., DE RUFFRAY P., DE SANCTIS M., DICKORÉ W.B., DIMOPOULOS P., DUBYNA D., DZIUBA T., EJRNÆS R., ERMAKOV N., EWALD J., FANELLI G., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ F., FITZPATRICK Ú., FONT X., GARCÍA-MIJANGOS I., GAVILÁN R.G., GOLUB V., GUARINO R., HAVEMAN R., INDREICA A., IŞIK GÜRSOY D., JANDT U., JANSSEN J.A.M., JIROUŠEK M., KAČKI Z., KAVGACI A., KLEIKAMP M., KOLOMIYCHUK V., KRSTIVOJEVIĆ ČUK M., KRSTONOŠIĆ D., KUZEMKO A., LENOIR J., LYSENKO T., MARCENÒ C., MARTYENKO V., MICHALCOVÁ D., MOESLUND J.E., ONYSHCHENKO V., PEDASHENKO H., PÉREZ-HAASE A., PETERKA T., PROKHOROV V., RAŠOMAVIČIUS V., RODRÍGUEZ-ROJO M.P., RODWELL J.S., ROGOVA T., RUPRECHT E., RÜSIÑA S., SEIDLER G., ŠIBÍK J., ŠILC U., ŠKVORC Ž., SOPOTLIEVA D., STANČIĆ Z., SVENNING J.-C., SWACHA G., TSIRIPIDIS I., TURTUREANU P.D., UĞURLU E., UOGINTAS D., VALACHOVIĆ M., VASHENYAK Y., VASSILEV K., VENANZONI R., VIRTANEN R., WEEKES L., WILLNER W., WOHLGEMUTH T. & YAMALOV S. (2016). European Vegetation Archive (EVA): an integrated database of European vegetation plots. *Appl. Veget. Sci.*, **19**: 173–180.
- CODE of Professional Ethics. (2013). URL: <http://iavs.org/Governance/Code-of-Professional-Ethics.aspx> [1/9/2020]

- COUNCIL Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. (2020). URL: <http://www.internationalwildlifelaw.org/EUCouncilDirective92.html> [1/9/2020]
- DENGLER J., BERENDSOHN W.G., BERGMEIER E., CHYTRÝ M., DANIHELKA J., JANSEN F., KUSBER W.-H., LANDUCCI F., MÜLLER A., PANFILI E., SCHAMINÉE J.H.J., VENANZONI R., VON RAAB-STRAUBE E. (2012a). The need for and the requirements of EuroSL, an electronic taxonomic reference list of all European plants. *Biodiversity and Ecology*, **4**: 15–24.
- DENGLER J., JANSEN F., GLÖCKLER F., PEET R.K., DE CÁCERES M., CHYTRÝ M., EWALD J., OLDELAND J., LOPEZ-GONZALEZ G., FINCKH M., MUCINA L. (2012b). The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science. *J. Veget. Sci.*, **22**: 582–597.
- EUROPEAN Vegetation Archive. URL: <http://www.euroveg.org/eva-database-eva-projects> [1/9/2020]
- FLORA Europaea (1964–1980). Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A. D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. A. Webb (eds.). Cambridge: Univ. Press., Vol. 1–5.
- HENNEKENS S.M. (1995). *TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. User's guide*. Instituut voor Bos en Natuur, Wageningen and Unit of Vegetation Science, University of Lancaster, Lancaster, 92 p.
- HENNEKENS S.M., SCHAMINÉE J.H.J. (2001). TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *J. Veget. Sci.*, **12**: 589–591.
- IEMELIANOVA S.M., KUZEMKO A.A. (2017). National phytosociological database of Ukraine (UKRVEG): the relevance of creation and problems of development. «*Classification of vegetation and habitats of Ukraine, as a scientific basis for biodiversity conservation*»: the Second Ukrainian Scientific-theoretical conference proceedings, Kyiv, 14-15 of March, 2016: 24–37. (in Ukrainian)
- INTERPRETATION manual of the habitats listed in Resolution No.4 (1996) listing endangered natural habitats requiring specific conservation measures. Third draft version 2015 URL: <https://rm.coe.int/16807469f9> [26/09/2018].
- KUZEMKO A.A., DIDUKH YA.P., DUBYNA D.V., MOISIYENKO I.I., DZIUBA T.P., IEMELIANOVA S.M., VYNOKUROV D.S. (2017). Use of phytosociological databases for the inventory of biotopes protected by the Bern Convention and the EU Habitats Directive on the example of steppe biotopes of Ukraine. «*Protected area in the steppe zone of Ukraine (to the 90th anniversary of the creation of the Coastal Reserves)*": Proceedings of the Ukrainian scientific-practical conference. 2 (2): 110–115. (in Ukrainian)
- MOSYAKIN S.L., FEDORONCHUK M.M. (1999). *Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist*. Kiev, 345 p.
- NATIONAL habitat catalogue of Ukraine. (2018). Kuzemko A.A., Didukh Ya.P., Onyshchenko V.A., Sheffer Ya. (eds.). Kyiv: FOP Klymenko Yu.Ya., 442 p. (in Ukrainian)
- OPREDELITEL vyshuch rasteniy Ukrainy. Dobrochaeva D.N., Kotov M.I., Prokudin Yu.N., Zaverukha B.V., Chopik V.I (red.). Kiyv: Naukova Dumka, 1987, 548 c. (in Russian)
- SCHAMINÉE J.H.J., HENNEKENS S.M., CHYTRÝ M. (2009). Vegetation-plot data and databases in Europe: an overview. *Preslia*, **81**: 173–185.
- TURBOVEG 2, management system for vegetation data (2020). URL: <https://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg/> [1/9/2020].

Історія досліджень лучно-степової флори та рослинності Середньоруської підпровінції Лісостепу України

ОЛЬГА ЄВГЕНІВНА СІРА

Sira O.E. (2020). **History of research of meadow-steppe flora and vegetation in the Middle Russian subprovince of the Forest-Steppe of Ukraine.** *Chornomors'k. bot. z.*, **16** (4): 312–322. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-4

The history of floristic research related to dry meadows in the Middle Russian province of the Forest-Steppe in Ukraine since the XIX century was analysed. More than 200 literary sources were included to this investigation. There are general works by naturalists, floristic lists and distribution data of rare species on the territory of Sumy and Kharkiv geobotanical districts. We concluded that the most works until 1900 were floristic. However, the total number of works provided data about rare species began to increase. From the 30's of the last century, scientists worked in detail with plant geography and taxonomy. The next direction is the study of plant communities, which has been actively developing since the 60's. The nature protection direction began to develop after the establishment the State Committee for Nature Protection in 1967. Since 2000, there has been a sharp jump in the number of works that are somehow related to the flora of dry meadows. Today we can find more conservation works, especially devoted to the study of botanical reserves. It was established that the largest number of works connected with the territories of Kharkiv, Sumy, Bohodukhiv, Okhtyrka, Trostyanets. Since the end of the last century, important centers of long-term research of dry meadows are biological station of the Faculty of Biology of V. N Karazin Kharkiv National University in the village Gaidary (Kharkiv region) as well as biological station "Vakalivshchyna" of Sumy State Pedagogical University named after A. S Makarenko (Sumy region). A common feature of most of the studied works is that the authors write about the need to preserve dry meadows, because due to excessive agricultural activity they are almost completely plowed. An analysis of published data, we see that dry meadows were studied in fragments.

Keywords: flora, dry meadows, Sumy geobotanical district, Kharkiv geobotanical district

СІРА О.Є. (2020). **Історія досліджень лучно-степової флори та рослинності Середньоруської підпровінції Лісостепу України.** *Чорноморськ. бот. ж.*, **16** (4): 312–322. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-4

У статті проаналізовано історичний розвиток флористичних досліджень, що пов'язані з суходільними луками на території Середньоруської підпровінції Лісостепу України починаючи з XIX століття. Всього опрацьовано більш ніж 200 літературних першоджерел, серед яких представлені загальні роботи натуралістів, флористичні списки та знахідки рідкісних видів на території Сумського та Харківського геоботанічних округів. З опрацьованих літературних праць, бачимо, що до 1900 року роботи носили здебільшого флористичний характер, а вже до 1920 року у деяких працях подано відомості про рідкісні види рослин. З 30-х років минулого століття науковці починають займатися питаннями географії та систематики рослин. Наступним напрямком є дослідження рослинності, що активно розвивалось з 60-х років. І майже одразу, після створення у 1967 році Державного комітету з охорони природи, досить стрімко почав розвиватись созологічний напрямок. Починаючи з



© Sira O.E.
V.N. Karasin Kharkiv National University, Svobody sq., 4, Kharkiv, 61022, Ukraine
e-mail: olya.bevkh@gmail.com
Submitted 5 November 2020

Recommended by A. Kuzemko

Published 31 December 2020

2000 року є різкий скачок у кількості робіт, що так чи інакше мають відношення до флори суходільних луків. Дійсно, сьогодні можна знайти дещо більше робіт соціологічного напрямку, особливо присвячені вивченню ботанічних заказників. Встановлено, що найбільша кількість робіт пов'язана з територіями околиць міст Харків, Суми, Богодухів, Охтирка, Тростянець. Проте, з кінця минулого століття, важливими осередками багаторічних моніторингових досліджень суходільних луків є біологічні стаціонари: біологічна станція біологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна у селі Гайдари (Харківська область) та біологічний стаціонар «Вакалівщина» Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (Сумська область). Загальною особливістю більшості досліджених праць, є те, що автори вказують про необхідність збереження суходільних луків, які через надмірну господарську діяльність майже повністю розорані. У результаті аналізу літературних даних, бачимо, що суходільні луки досліджені фрагментарно.

Ключові слова: флора, суходільні луки, Сумський геоботанічний округ, Харківський геоботанічний округ

СЕРАЯ О.Е. (2020). История изучения лугово-степной флоры и растительности Среднерусской подпровинции Лесостепи Украины. Черноморск. бот. ж., 16 (4): 312–322. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-4

В статье проанализировано историческое развитие флористических исследований, связанных с суходольными лугами на территории Среднерусской подпровинции Лесостепи Украины начиная с XIX века. Всего обработано более 200 литературных первоисточников, среди которых представлены общие работы натуралистов, флористические списки и находки редких видов на территории Сумского и Харьковского геоботанических округов. С обработанных литературных источников, видим, что к 1900 году работы носили в основном флористический характер, а уже к 1920 году в некоторых работах представлены сведения о редких видах растений. С 30-х годов прошлого века ученые начинают заниматься вопросами географии и систематики растений. Следующим направлением было исследование растительности, которое активно развивалось с 60-х годов. И почти сразу, после создания в 1967 году Государственного комитета по охране природы, довольно быстро начало развиваться соціологічне направление. Начиная с 2000 года видим резкий скачок в количестве работ, которые так или иначе имеют отношение к флоре суходольных лугов. Действительно, сегодня можно найти несколько больше работ соціологічного направления, особенно посвященные изучению ботанических заказников. Установлено, что наибольшее количество работ связано с территориями окрестностей городов Харьков, Сумы, Богодухов, Ахтырка, Тростянець. Однако, с конца прошлого века, важными ячееками многолетних исследований суходольных лугов являются биологические стационары: биологическая станция биологического факультета Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина в селе Гайдари (Харьковская область) и биологический стационар «Вакаловщина» Сумского государственного педагогического университета имени А. С. Макаренко (Сумская область). Общей особенностью большинства исследованных работ, является то, что авторы указывают о необходимости сохранения суходольных лугов, которые из-за чрезмерной хозяйственной деятельности почти полностью распашаны. В результате анализа литературных источников, видим, что суходольные луга исследованы фрагментарно.

Ключевые слова: флора, суходольные луга, Сумской геоботанический округ, Харьковский геоботанический округ

Дослідження флористичного різноманіття території Середньоруської підпровінції Лісостепу України має майже двухсотрічну історію. У межах Середньоруської підпровінції Лісостепу України виділяють два геоботанічних округи: Сумський та Харківський [DIDUKH, SHEL'YAG-SOSONKO, 2003]. Територія відрогів Середньоруської височини характеризується здебільшого глибокими балками та почленованим рельєфом. Для даної території характерними, крім лісів, були лучні

степи та остепнені луки, проте, на сьогодні, значна частина цих ділянок розорані, а суходільні луки збереглися в основному у верхніх та середніх частинах балок.

Про проблему розорювання степів та луків писав ще Докучаєв у своїй роботі «Наши степи прежде и теперь» [ДОКУЧАЕВ, 1892]. На сьогодні, ситуація з лучно-степовими ділянками не покращилась. Л. М. Горелова та О. О. Альохін пишуть, що «степи в Харьковской области почти не сохранилось» [GORELOVA, ALEKHIN, 2002]. І. В. Гончаренко в своїй роботі зазначає, що «порівнюючи наші відомості з достатньо повними та найбільш територіально відповідними даними І. Н. Литвиненка півстолітнього минулого, можна говорити про катастрофічну втрату різноманіття лучної рослинності сьогодні та про її докорінну трансформацію». Остепнені заплавні луки мають незначну площу та зазвичай використовується як пасовища, в рідкісних випадках як сіножаті. Лучні степи, майже повністю розорані і можуть зустрічатись лише по схилам балок, при чому, навіть ті залишки зазнали значних змін внаслідок випасу [GONCHARENKO, 2003].

За даними, що наведені у публікаціях, ми можемо прослідкувати найбільш вивчені області Середньоруської підпровінції, розповсюдження рідкісних і адвентивних видів. Саме тому, метою нашої роботи було проаналізувати літературні дані, що стосуються лучно-степової флори, що в минулому займала значну частину Середньоруської підпровінції, а зараз майже повністю знищена.

Матеріали і методи

Підсумки досліджень флори суходільних луків Середньоруської підпровінції Лісостепу України проаналізували на основі більш ніж 200 літературних першоджерел. Під час ознайомлення з науковими роботами, було створено бібліографічну базу в програмі Zotero (<http://www.zotero.org>), що містить 198 робіт. Картографічний матеріал створено у програмному середовищі ArcGIS (<http://www.arcgis.com>). Межі Середньоруської підпровінції лісостепу України наведені відповідно до «Геоботанічне районування України та суміжних територій» [DIDUKH, SHELYAG-SOSONKO, 2003]. Рисунки створені за допомогою програмного середовища Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Вивчення флори Середньоруської підпровінції лісостепової зони України почалось ще у 19 столітті. На той час більшість досліджень не були вузько направлені та мали на меті загальне дослідження флори губерній та окремих повітів. Найвідомішим зведенням флори Харківської губернії є робота професора Харківського університету В. М. Черняєва “Конспект растений дикорастущих и разводимых в окрестностях Харькова и на Украине” [CZERNIAEW, 1859], яка стала результатом його багаторічних досліджень. Впродовж тривалого часу ця праця була однією з найбільш повних флористичних робіт, адже включала відомості щодо трапляння 1769 видів рослин.

У 1862 році вийшов друком «Каталог дикорастущих растений, находящихся в Змиевском уезде Харьковской губернии» І. Ковалевського [KOVALEVSKY, 1862]. Вже у 1872–1873 роках К. А. Горницький публікує флористичні списки для окремих повітів Харківщини: “Материалы для флоры Харьковской губернии”, де наведений список 1937 видів судинних рослин, зібраних у Валківському, Ізюмському та Харківському повітах [GORNUTSKYI, 1872, 1873]. Результати вивчення флори околиць м. Харкова та окремих повітів Харківської губернії представлені також у роботах Л. Павловича та В. В. Докучаєва [PAVLOVICH, 1876; ДОКУЧАЕВ, 1892].

Фундаментом для дослідження рослинності Харківської губернії та закономірностей її розповсюдження стала монографія А. Н. Краснова “Рельеф, растительность и почвы Харьковской губернии”, в якій автор, поряд із загальною

характеристикою рослинності, вказує на зв'язок ерозійного характеру рельєфу з особливостями рослинного покриву [KRASNOV, 1893].

У 1869 році у Харкові було створено наукове товариство «Общество испытателей природы при Харьковском Университете», які періодично друкували «Труды Общества испытателей природы при Императорском Харьковском университете». Членами товариства були науковці в тому числі й ботанічного спрямування, які в той час активно працювали над дослідженням флори. Однією з найвідоміших робіт можна вважати «Список дикорастущих и одичалых растений собранных в г. Харькове и его окрестностях в 1891–1897 гг.» П. Н. Наливайка. У цій роботі автор аналізує список видів, які наводив В. М. Черняєв, при цьому звертаючи увагу на таксони, знахідки яких не підтверджені, або ж навпаки – на види, які поширені на території дослідження, проте відсутні у списку. Також П. Н. Наливайко подає достатньо точні дані про місцезнаходження ділянок, які він досліджував та екологічні особливості видів у поданому списку [NALIWAJKO, 1899].

У 1903 році А. І. Наумов у своїй праці «Флора окрестностей с. Рублѣвки» зазначав, що у ботанічній літературі відомості щодо флори Сумського, Охтирського, Старобільського та Богодухівського повітів майже відсутні. Саме тому автор досліджує околиці села Рублівка (нині це село Велика Рублівка, Полтавської області, за 10 км від межі Харківської області) Богодухівського повіту і, як результат, формує список флори розділений за аспектами цвітіння, а також наводить загальний опис місцевості у різний час. Також, особливістю роботи є те, що автор виділяє окремі флористичні списки для різних біотопів, у тому числі і для суходільних луків [NAUMOFF, 1903].

Загальні флористичні особливості різних типів рослинності характерних для Харківщини представлено у роботі В. І. Талієва «Введение в ботаническое исследование Харьковской губернии» [TALIEV, 1913]. Серед інших робіт найвідомішими є праці Г. Е. Тимофєєва [TYMOFEEV, 1903], С. Н. Милютин [MYLIUTYN, 1916], Г. И. Ширяєва [SHYRIAЕV 1906, 1907, 1913, 1914]. У замітці про деякі рідкісні рослини Харківської флори, К. А. Угринский, подає відомості про 44 види для кожного з яких вказані географічні координати [OUGRINSKY, 1910]. Також, К. А. Угринский публікує список видів, що зустрічались йому на екскурсіях по Харківській губернії в 1912 і 1917 роках [OUGRINSKY, 1917].

Першою значною працею щодо флори Сумського геоботанічного округу можна вважати роботу К. А. Угринського, основою якої слугували експедиційні дослідження Охтирського повіту. У роботі автор наводив більш ніж 500 видів рослин [OUGRINSKY, 1912]. Одні з перших відомостей про первоцвіти досліджуваної території було наведено з околиць міста Суми [STARODUB, 1914] та Сумського повіту [ZALESSKY, 1914].

У 20-ті роки ХХ століття Є. М. Лавренко, М. І. Котов [КОТОВ, 1927], М. В. Клоков [КЛОКОВ, КОТОВ, 1925] та інші продовжили флористичні та фітоценологічні дослідження флори і рослинності Харківщини та Сумщини. Серед робіт того часу важливі відомості щодо лучної та степової рослинності наведено у роботах Є. М. Лавренка «К флоре Харьковского уезда», «Новые данные к флоре Харьковской губернии», «Некоторые данные о степной растительности северных черноземов Левобережной Украины» [LAVRENKO, 1917, 1925, 1931] та І. Г. Зоза «Рослинність Михайлівської цілини на Сумщині» [ZOZ, 1933].

Паралельно з флористичними та фітоценологічними дослідженнями в 30-х роках науковці приділяли увагу питанням систематики, географії та екології рослин. Більшість з цих робіт, містять відомості про флору території дослідження та поширення окремих видів. Зокрема, ці питання розкриті у роботах М. В. Клокова та Н. О. Десятової-Шостенко, що присвячені вивченню роду *Thymus* в Україні [КЛОКОВ, ДЕСЯТОВА-ШОСТЕНКО 1927, 1932, 1938]. Також питанням систематики та географії займається Ю. Д. Клеопов, зокрема вивчає родину Caryophyllaceae [КЛЕОПОВ, 1936],

І. Н. Литвиненко пише нотатки про умови зростання *Coronilla elegans* Pančić [LYTVYNENKO, 1937], а Ю. М. Прокудін займається вивченням роду *Poa* [PROKUDIN, 1939]. У подальшому, виходять друком роботи М. В. Клокова, що присвячені вивченню злаків, родів *Jurinea*, *Onosma* [KLOKOV, 1950a,b, 1953] та роботи Д. М. Доброчасової з вивчення волошок [DOBRONAEVA 1947, 1949].

У 1936 році С. О. Іллічівський пише про створення заповідників у Харківській області, що фактично є однією з перших робіт про заповідання територій [ІЛЛІЧЕВСЬКИЙ, 1936]. У 1950-ті роки починається активне дослідження заповідника «Михайлівська цілина» та суміжних територій [КНАРКЕВУСН, 1956; ВІЛУК, 1957]. У той же час, І. Н. Литвиненко, що на той час працював в Сумському педагогічному університеті, описує лучну рослинність річки Псел [LYTVYNENKO, 1957].

У 60–70-ті роки ХХ століття узагальнюючи відомості про флору і рослинність Харківської області наводить М. Г. Олексієнко [ALEKSEENKO, 1971], а О. П. Мринський проводить географічний аналіз флори лівобережного лісостепу УРСР [MRYSKYI, 1969]. Також О. П. Мринський та М. І. Котов наводять коротку характеристику флори та рослинності Середньоруської височини [КОТОВ, MRYSKYI, 1969], де зазначають види-домінанти на північних та південних варіантах лучних степів. За результатами експедицій Сумщиною О. П. Мринський випускає працю про релікти Сумщини [MRYSKYI, 1970]. У ці ж роки В. В. Протопопова розпочинає дослідження адвентивних рослин лісостепу та степу [ПРОТОПОВА, 1964, 1973].

У 1967 році в Україні був створений Державний комітет з охорони природи, після чого в 70–80-ті роки в Харківській та Сумській областях активно проводилась робота з вивчення рослинного покриву. У низці праць ботаніки наводили результати дослідження стану рослинності заплави р. Сіверський Дінець [GORELOVA, 1987, 1989; PROKUDIN, MATVIENKO, 1987] та її зміни в результаті антропогенного впливу. Питанням антропогенної трансформації флори присвячена робота Е. Д. Єрмоленко, де автор наводить список 72 адвентивних видів рослин, що зустрічаються в долині середньої течії річки Сіверський Дінець, у тому числі на території «Гомільшанські ліси» [ERMOLENKO, 1987a,b]. У 1979 колектив авторів, на чолі з Ю. Н. Прокудіним, випустив роботу «Редкие и исчезающие растения Харьковской области требующие охраны» зі списком 118 видів, який був створений в процесі підготовки Червоної книги Української ССР [PROKUDIN et al., 1979].

Рослинність Сумської області була узагальнена в роботі К. К. Карпенко, В. А. Ковтун [KARPENKO, KOVTUN, 1980]. У той же час вийшла друком робота В. А. Соломахи. «Флористична класифікація лучної рослинності басейну р. Ворскли» [SOLOMAKHA, 1981], проте питанням, що пов'язані з суходільними луками була приділена лише незначна увага. У 90-х роках трав'янистим типом рослинності та степовими асоціаціями займається І. В. Гончаренко [GONCHARENKO, KARPENKO, 1998, 1999, 2000a,b,c] Результатом багаторічних досліджень стає праця «Аналіз рослинного покриву північно-східного лісостепу України», в якій висвітлений синтаксономічний, флористичний, соціологічний аналіз рослинного покриву Сумського геоботанічного округу [GONCHARENKO, 2003].

У 1986 році виходить стаття Л. М. Горєлової «Состояние и перспективы охраны видов растений среднего течения р. Северский Донец, включенных в «Красную книгу СССР» и «Червону книгу Української РСР»», в якій наведено список видів, що взяті під охорону. Також, у роботі пропонується створити заказники та резервати для охорони інших видів [GORELOVA, 1986]. Згодом, у роботі «Редкие и исчезающие растения бассейна р. Северский Донец в его среднем течении», Л. М. Горєлова та І. В. Друльова пропонують до охорони 200 видів рослин, які розділили на три категорії за ступенем рідкості [GORELOVA, DRULEVA, 1987]. У 1999 році Л. М. Горєлова та О. О. Альохін друкують список рідкісних видів рослин Харківщини [GORELOVA, ALEKHIN, 1999].

Охороною степової рослинності, в Сумській області, займається колектив науковців, серед яких К. К. Карпенко, М. П. Книш, О. С. Родінка, А. П. Вакал [RODINKA, KARPENKO, 1994; KARPENKO et al., 1994]. У результаті спільних багаторічних досліджень з'являються роботи «До питання охорони залишків степової рослинності на Сумщині», «Рослинність Сумської області, її сучасний стан і проблеми охорони на Сумщині» та інші [KARPENKO, RODINKA, 1992; KARPENKO, KOVTUN, 1996]. У 2001 році виходить монографія «Рослини, занесені до Червоної книги України, що виявлені на території Сумської області» [KARPENKO et al., 2001].

У 2002 році вийшла монографія Л. М. Горелової та О. О. Альохін «Рослинний покрив Харківщини», яка стала результатом багаторічних флористичних і геоботанічних досліджень. Наведено анотований список, який включає 1257 видів рослин, викладена історія вивчення рослинного покриву Харківщини, коротка характеристика стану флори дикорослих судинних рослин, основних формацій рослинності та питання охорони [GORELOVA, ALEKHIN, 2002].

Після 2000 року найбільш актуальним залишається питання вивчення та збереження рослинного покриву [FILATOVA, 2010; FILATOVA et al., 2017; SKLIAR, SKLIAR, 2011], саме тому багато досліджень направлені не лише на створення нових об'єктів природно-заповідного фонду (далі ПЗФ), але й детальнішого вивчення вже існуючих [BAVAEVA, FILATOVA, 2007; BEZRODNOVA, 2006; HANDZHA et al., 2003]. У роботі «Природно-заповідний фонд Харківської області» наводиться стисла ботанічна характеристика об'єктів та територій ПЗФ Харківської області [KLIMOV et al., 2005].

Раритетну компоненту степової рослинності на території басейну р. Ворскла, досліджувала І. Є. Шапаренко. В роботі «Рідкісні степові види рослин басейну річки Ворскла (на території Сумської області)» автор наводить 22 рідкісних види, що приурочені до степових фітоценозів за оригінальними, літературними та гербарними даними. Для території ландшафтного заказника місцевого значення «Лисиця», наводять 5 рідкісних видів рослин, для ентомологічного заказника «Боромлянський», в околицях с. Боромля відмічали 2 рідкісні види, також ділянку із степовими раритетами відмічали біля с. Вовків, в урочищі «Кам'яний яр». Найбільше рідкісних видів наводяться з урочища «Чехів яр» у Великописарівському районі, раритетна компонента якого представлена 12-ма видами [SHAPARENKO, 2013].

В останні роки розпочато вивчення біотичного різноманіття луків на території національного природного парку (далі НПП) «Гомільшанські ліси» та на інших територіях Зміївського району Харківської області, які є перспективними об'єктами ПЗФ. Проведені дослідження присвячені екоморфічному аналізу лучних фітоценозів та вивченню їх флористичного складу, аналізу структури рудеральної фракції, вивченню еколого-ценоморфічних особливостей рослинних угруповань і встановленню екологічних режимів місцезростань у залежності від їх розташування в рельєфі. В більшості робіт автори не приводять повних списків вивченої флори, а лише вказують деякі рідкісні види, або ж інші, найбільш «цікаві», що стосуються теми дослідження. [PYRINA, SAROZHNIKOVA, 2013; GORENKO et al., 2014; BONDARENKO, 2016]

На базі Сумського державного педагогічного університету також проводять дослідження щодо фіторізноманіття новоствореного НПП «Гетьманський» [KARPENKO, 2009]. Є низка досліджень проведених в околицях біологічної станції «Вакалівщина» [VAKAL, 2018]. У Сумському аграрному університеті під керівництвом Ю. А. Злобіна розробляється популяційний напрямок, також ведеться активна робота з вивчення луків, проте здебільшого розглядається саме кормова цінність лучних фітоценозів або окремих видів лучного різнотрав'я [BONDAREVA, 2004; BONDAREVA, KYRYLCHUK, 2011, 2015; BONDAREVA et al., 2019; KOROVYAKOVA, 2009; KOROVYAKOVA, TIKHONOVA, 2013; KYRYLCHUK, 2014; KYRYLCHUK et al. 2019; ZLOBIN et al., 2010, 2015]. У 2019 році вийшла друком робота «50 рідкісних рослин Сумщини. Атлас-довідник», яка містить сучасний

картографічний матеріал, де поряд з актуальними знахідками, також враховані літературні відомості [PANCHENKO, IVANETS, 2019]

Зрозуміло, що усі вище вказані роботи не можуть надати повної інформації про історію дослідження та стан суходільних луків та лучних степів на території Середньоруської підпровінції лісостепу України. В більшості праць можна знайти лише відомості про один-два види, що зростають на даній території, проте навіть така інформація є цінною. Також є роботи, що описують вже розорані ділянки, це допомагає краще розуміти масштаби зменшення території суходільних луків та популяцій тих видів, що там зростали.

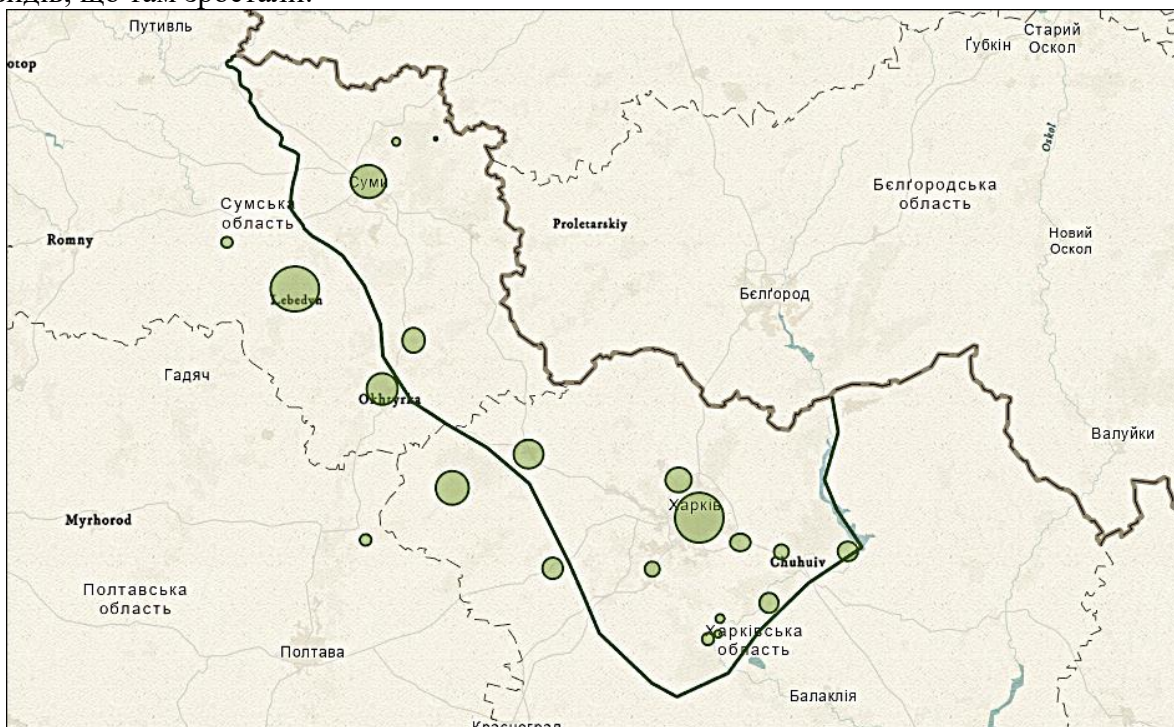


Рис. 1. Картохема найбільш досліджених ділянок, що пов'язані з суходільними луками Середньоруської провінції.

Fig. 1. Map of the most studied areas associated with dry meadows of the Middle Russian subprovinces.

Проаналізувавши літературні джерела, можна побачити які території були найбільш досліджені починаючи з позаминулого століття. В Сумському геоботанічному окрузі це околиці міст Суми, Охтирка, Тростянець, степового заповідника «Михайлівська цілина» та околиць біостаціонару «Вакалівщина». Відомості про флору суходільних луків Харківського геоботанічного округу здебільшого зосереджені біля міст Харків, Богодухів та біологічної станції в селі Гайдари.

На основі досліджених та згаданих у статті літературних джерел, які надають інформацію щодо флори суходільних луків, можна побачити історію розвитку ботанічних досліджень від початку ХІХ сторіччя і до сьогодні. При цьому, до 1900 року були лише загальні флористичні роботи, проте вже до 1920 року, після створення Товариства дослідників природи, знаходимо перші роботи про рідкісні види, а з 30-х років ботаніки починають займатись питаннями географії та систематики рослин. Цілком закономірно, що у воєнні та післявоєнні роки, йде певний спад у кількості робіт, проте навіть тоді продовжувались ботанічні дослідження. З 1960 актуальними стали питання охорони природи та вивчення рослинності. Починаючи з 2000 року можна спостерігати збільшення числа робіт, що так чи інакше мають відношення до флори суходільних луків, в яких значна увага приділяється дослідженням соціологічного напрямку. Незважаючи на те, що історія вивчення флори

Середньоруської підпровінції лісостепу України почалась ще в позаминулому столітті, відомості про лучно-степову рослинність дуже фрагментарні, потребують узагальнення, доповнення та оновлення. На сьогодні подальше вивчення флористичного різноманіття суходільних луків та лучних степів є надзвичайно важливим для подальшого їх збереження.

Подяки

Автор висловлює щирю подяку Куземко Анні Аркадіївні та Гамулі Юрію Гарійовичу за поради під час написання статті.

References

- ALEKSEENKO M.M. (1971). Rastitelnost Kharkovskoy oblasti. *Materialy Khark. otдела geogr. ob-va Ukrainy*, **8**: 80–94. (in Russian)
- BABAIEVA O.O., FILATOVA O.V. (2007). Vyvchennya fitobioty botanichnoho zakaznyka «Ryazanova balka» (Kharkivska oblast). *Problemy vidtvorenniya ta okhorony bioriznomanityta Ukrainy*: 74–75.
- BEZRODNOVA O.V. (2006). Phytosozology characteristic of the reservation zone of “Kovilniy step” and “Ryasanova balka”. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Biology"*, **729**(3): 25–31.
- BILYK G.I. (1957). Vegetation of the Mikhailovskaya virgin steppe reservation and its alteration under the influence of human economic activity. *Ukr. Bot. J.*, **14**(4), 26–39.
- BONDARENKO A.V. (2016). K voprosu otsenki floristicheskogo skhodstva razlichnykh uchastkov sukhodolnogo luga s primeneniem statisticheskikh metodov. In: *Biology: from molecules up to biosphere*: 114–115. Kharkiv: N.V. Karazina KNU.
- BONDAREVA L.M. (2004). The population's structure of fodder grasses on flood plaine meadows of the Sula river in conditions of pasture digression. *Ukr. Bot. J.*, **61**(4): 21–29.
- BONDAREVA L.M., KYRYLCHYK K.S. (2011). Comparative analysis of the flora of floodplain meadows of the Sula River and the Psel River. *Bulletin of Sumy NAU*, **4**: 8–11.
- BONDAREVA L.M., KYRYLCHYK K.S. (2015). Comparative analysis of the vital structure of cereals and legumes in the floodplain meadows of northeastern Ukraine in terms of pasquale and feniscial loads. *Bulletin of Sumy NAU*, **3**(29): 68–74.
- BONDARIEVA L.M., KYRYLCHUK K.S., SKLIAR V.H., TIHOVA O.M., ZHATOVA H.O., BASHTOVYI M.G. (2019). Population dynamics of the typical meadow species in the conditions of pasture digression in flooded meadows. *Ukrainian Journal of Ecology*, **9**(2): 204–211.
- CZERNIAEW B.M. (1859). *Conspectus plantarum circa Charcovuam et in Ukraina sponte crescentium et vulgo cultarum*. Kharkiv: Unyversytetskaya typhografyya, 90 p.
- DIDUKH YA.P., SHELYAG-SOSONKO YU.R. (2003). Geobotanical zoning of Ukraine and adjacent territories. *Ukr. Bot. J.*, **60**(1): 6–17.
- DOBROCHAEVA D.M. (1947). New species of the genus *Centaurea* L. from Ukraine and adjacent regions. *Botan. zhurn. AN URSR*, **4**(3–4): 73–83.
- DOBROCHAEVA D.M. (1949). Cornflowers of the USSR, their distribution and history of development. *Botan. zhurn. AN URSR*, **6**(2), 63–77.
- DOKUCHAEV V.V. (1892). *Nashi stepi prezhde i teper*. Sankt-Peterburg: tipografiya E. Evdokimova, B. Italyanskaya, № 11, 128 p.
- ERMOLENKO E.D. (1987a). Vliyanie antropogennykh faktorov na nekotorye lugovye i lesnye fitotsenozы poymy r. Sev. Donets. *Bulletin of Kharkiv University*, **308**: 19–22.
- ERMOLENKO E.D. (1987b). Ekologo-fitotsenoticheskie osobennosti adventivnykh rasteniy rayona srednego techeniya r. Severskiy Donets. *Bulletin of Kharkiv University*, **308**: 23–25.
- FILATOVA O.V. (2010). Zberezheniya raryetnoho fitoriznomanityta v botanichnykh zakaznykakh Kharkivshchyny. In: *Stan i bioriznomanityta ekosystem Shatskoho natsionalnoho parku*: 101–103. Lviv: SPOLOM.
- FILATOVA O.V., FILATOV M.O., LEZHENINA I.P., MARKINA T.YU. (2017). Concerning the issue of studying the relation between the rare plant species and their pollinators on protected areas (Kharkiv region, Ukraine). *Naukovi zasady pryrodookhoronnoho menezhmentu ekosystem Kanyonovoho Prydnistrov'ya*: 75–77.
- GONCHARENKO I.V. (2003). Brandushka The analysis of vegetation cover of northeast Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Phytosociological Collection*, **19**(1): 203.
- GONCHARENKO I.V., KARPENKO K.K. (1998). Brandushka riznokolorova (*Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawl.) Spreng.) na Sumshchyni. In: *Vakalivshchyna. Do 30-richchya biostatsonaru Sumskoho peduniversitytetu*: 204–211. Sumy.
- GONCHARENKO I.V. (1999). Phytoindication assessment of steppe associations of the north-eastern part of the

- Left-Bank Forest-Steppe. *Ukrainian Phytosociological Collection*, **15**(1): 47–54.
- GONCHARENKO I.V. (2000a). Meadow vegetation of the north-eastern part of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukr. Bot. J.*, **57**(4): 471–478.
- GONCHARENKO I.V. (2000b). Steppe vegetation of the north-eastern part of the Left Bank Forest-steppe of Ukraine and its analysis. *Ukr. Bot. J.*, **57**(3): 257–264.
- GONCHARENKO I.V. (2000c). Coenotic diversity of herbaceous type of vegetation of Sumy geobotanical region. *Ukrainian Phytosociological Collection*, **6**(1): 118–131.
- GORELOVA L.N. (1986). Sostoyanie i perspektivy okhrany vidov rasteniy srednego techeniya r. Severskiy Donets, vkluychennykh v «Krasnyu knigu SSSR» i «Chervonu knigu Ukrainskoi RSR». In: *Flora i rastitelnost Ukrainy*: 19–22. Kyiv: Nauk. dumka.
- GORELOVA L.N. (1987). Flora i rastitelnost v rayone srednego techeniya r. Severskiy Donets. *Bulletin of Kharkiv University*, **308**: 8–16.
- GORELOVA L.N. (1989). Okhrana rastitelnogo pokrova basseyna r. Severskiy Donets v predelakh Kharkovskoy oblasti. *Bulletin of Kharkiv University*, **330**: 23–26.
- GORELOVA L.N., ALEKHIN A.A. (1999). *Redkie rasteniya Kharkovshchiny (sistemicheskiy spisok redkikh sosudistyykh rasteniy, voprosy ikh okhrany)*. Kharkiv: Izd. tsentr KhNU im. V. N. Karazina, 52 p.
- GORELOVA L.N., ALEKHIN A.A. (2002). *Rastitelnyi pokrov Kharkovshchiny: Ocherk rastitelnosti, voprosy okhrany, annotirovannyi spisok sosudistyykh rasteniy*. Kharkiv: Izd. tsentr KhNU im. V. N. Karazina, 231 p.
- GORELOVA L.N., DRULEVA I.V. (1987). Redkie i ischezayushchie rasteniya basseyna r. Sev. Donets v ego srednem techenii. *Bulletin of Kharkiv University*, **308**: 17–19.
- GORENKO K.I., BOGDANOVA YU.G., TOKAR I.P., KHAZAEVA A.A. (2014). Spetsifika ekomorfichnogo skladu luchnikh fitotsenoziv. In: *Biology: from molecules up to biosphere*: 105. Kharkiv: N.V. Karazina KNU.
- GORNYTSKYI K. (1872). Materialy dlya flory Kharkovskoy gubernii. Obozrenie sosudistyykh rasteniy, sobrannykh v uezdakh Valkovskom i Izyumskom v techenie 1870–1872 gg. *Tr. o-va yspyt. pryrody Khark. un-ta*, **6**: 167–201.
- GORNYTSKYI K. (1873). Materialy dlya flory Kharkovskoy gubernii. Obozrenie sosudistyykh rasteniy, sobrannykh v uezdakh Izyumskom, Zmievskom i otchasti v Kharkovskom i Valkovskom v techenie 1873 goda. (Dopolnenie). *Tr. o-va yspyt. pryrody Khark. un-ta*, **7**: 123–134.
- HANDZHA S.P., NOZHENKO V.S., LYSENKO V.P., MARKOVA E.F. (2003). Vegetation of the reservation zone of «Ryazanova balka (Kharkiv region). *Visnyk KhNAU*, **3**(2): 41–45.
- ILICHEVSKII S.O. (1936). Ob uchrezhdeniy hruppy zapovednykov v Kharkovskoy oblasti USSR. *Sovetskaya botanika*, **1**: 168–171.
- KARPENKO E.K., KOVTUN V.A. (1980). *Rastytelnost Sumskoy oblasti*. Sumy, 21 p.
- KARPENKO K.K., RODINKA O.S. (1992). Do pytannya okhorony zalyshkiv stepovoi roslynnosti na Sumshchyni. In: *Problema okhorony i ratsionalnoho vykorystannya pryrodnykh resursiv Sumshchyny*: 149–153. Sumy.
- KARPENKO K.K., KNYSH M.P., RODINKA O.S., VAKAL A.P. (2001). *Stan pryrodnoho seredovyscha ta problemy yoho okhorony na Sumshchyni. Knyha pyata : Roslyny, tvaryny ta hryby Sumskoi oblasti, zaneseni do Chervonoj knyhy Ukrainy: (na dopomohu vykladacham pryrodnychyykh dystsyplin navchalnykh zakladiv riznykh rivniv)*. Sumy: Dzherelo, 98 p.
- KARPENKO K.K., KOVTUN V.A. (1996). Roslynnist Sumskoi oblasti, yiyi suchasnyi stan i problemy okhorony. In: *Stan pryrodnoho seredovyscha ta problemy yoho okhorony na Sumshchyni. Knyha 1*: 7–43. Sumy: Vydavnychiy tsentr DIM.
- KARPENKO K.K., RODINKA O.S., VAKAL A.P. (2009). Preliminary data on rare phytodiversity of Hetmanskyy National Nature Park (Sumy region). *Scientific Bulletin of Mykolayiv State University named after VO Sukhomlinsky*, **24**(4(1)): 105–109.
- KARPENKO K.K., KNYSH M.P., VAKAL A.P. (1994). *Materialy do rozshyrennya zapovidnykh terytoriy u Sumskom rayoni Sumskoi oblasti*. In: *Zapovidna sprava na Sumshchyni*: 25–26. Sumy.
- KHARKEVYCH S.S. (1956). Stepovyy zapovidnyk Mykhaylivska tsilyna. *Botan. zhurn. AN URSSR*, **13**(2): 58–67.
- KLEPOV YU.D. (1936). To the taxonomy and geography of the Caryophyllaceae of the USSR. *Zhurnal In-tu botaniky AN URSSR*, **17**(9): 91–126.
- KLIMOV O.V., VOVK O.G., FILATOVA O.V., GRAMMA V.M. (2005). *Pryrodno-zapovidnyi fond Kharkivskoi oblasti*. Kharkiv: Rayder, 304 p.
- KLOKOV M.V. (1950a). Novye ukraynskyye zlaky. *Bot. materyaly herbaryya Bot. yn-ta ymeny V.L. Komarova Akademiyi nauk SSSR*, **12**: 35–60.
- KLOKOV M.V. (1950b). Rid *Jurinea* Cass. ta yoho znachennya v istorii rozvytku flory Ukrainskoi RSR. I. Hruba Molliformes Klok. *Botan. zhurn. AN URSSR*, **7**(4): 39–54.
- KLOKOV M.V. (1953). Novyye vydy roda *Onosma* L. *Bot. materyaly herbaryya Bot. yn-ta ymeny V.L. Komarova Akademiyi nauk SSSR*, **15**: 229–247.

- KLOKOV M.V., DESIATOVA-SHOSTENKO N.A. (1927). Perehlyad ukrainskykh chebretsiv *Thymus* L. *Tr. silskohosp. botaniky*, **1**(3): 110–140.
- KLOKOV M.V., DESIATOVA-SHOSTENKO N.A. (1932). Chebretsi Ukrainy. *Visnyk Kyivskoho bot. sadu*, **14**: 77–98.
- KLOKOV M.V., KOTOV M.I. (1925). Materials on the flora of the Chuguev neighborhood: Preliminary report. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **50**: 28–36.
- KLOKOV M.V., SHOSTENKO N.A. (1938). Chebretsi evropeyskoy chasti SSSR. *Tr. naukovykh inst-tu botaniki Khark. derzh. un-tu*, **3**: 107–157.
- KOROVIAKOVA T.O. (2009). Characteristics of some useful species of meadow grasses. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, **17**(7): 87–91.
- KOROVYAKOVA T.O., TIKHONOVA O.M. (2013). Cenopopulations of invasive species *Stenactis (Phalacrolooma) annua* (L.) Cass. on floodplain meadows of the river Psel (Sumy region). *Chornomors'k. bot. z.*, **9**(4): 515–525.
- KOTOV M.I., MRYNSKYI O.P. (1969). *Flora i roslynnist pivdennoho skhylyu Seredno-Rosiytskoi vysochyny ta yiyi vidrohiv*. In: *Materialy IV z'yizdu UBT*: 170–172. Kyiv: Nauk. dumka.
- KOTOV M.I. (1927). New materials for the flora of the Kharkiv district. *Nauk. zap. Khark. Un-tu, d. kaf. bot.*, **1**: 75–86.
- KOVALEVSKY I. (1862). *Kataloh dykorastushchykh rastenyi, nakhodyashchykhsya v Zmyevskom uезде Kharkovskoy guberniyi*. Moscow, 60 p.
- KRASNOV A.N. (1893). *Relief, vegetation and soils of Kharkov province*. Kharkov: Tipo-Lithogram, Zilberberg, 140 p.
- KUKOVYTSIA G.S. (1973). Steppe vegetation of the Dniester canyon and Tovtrov ridge in Podillya and its floral features. *Ukr. Bot. J.*, **30**(2): 196–203
- KYRYLCHUK K.S. (2014). Population structure of *Medicago falcata* L. in floodplain meadows of the Forest-Steppe zone under conditions of pasture and haymaking loads. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Biology"*, **20**: 305–314.
- KYRYLCHUK K.S., SEMENKO I.M., SHTEFAN D.V. (2019). The productivity and forage value of the natural floodplain meadow phytocenoses under the influence of grazing and haymaking (Forest-Steppe zone of Ukraine). *Prirodniči nauki*, **16**: 21–26. doi: 10.5281/zenodo.3551423
- LAVRENKO YE.M. (1917). K flore Kharkovskoho uезда. *Byull. Khark. o-va lyubyt. pryrody*, **2–3**: 85–95.
- LAVRENKO YE.M. (1925). New data on the flora of the Kharkiv province. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **50**(1): 26–33.
- LAVRENKO YE.M. (1931). Nekotorye dannye o stepnoy rastytelnosti severnykh chernozemov Levoberezhnoy Ukrainy. In: *Dvadtsat pyat let nauchno-pedahohycheskoy y obshchestvennoy deyatel'nosti B.A. Kellera: Yubyleynyi sbornik*: 355–370.
- LYTVYVENKO I.N. (1937). Notatky pro umovy zrostannya *Coronilla elegans* Panč. Na Ukraini. *Ucheni zapysky Kharkivskoho derzh. un-tu*, **8–9**: 155–158.
- LYTVYVENKO I.N. (1957). Luchna roslynnist zaplavyny r. Psla (v mezhakh verkhnoi i serednoi techii riky). *Nauk. zapysky Sumskoho derzh. ped. in-tu imeni A.S. Makarenka*, **7**(1): 85–137.
- MRYNSKYI O.P. (1969). Geographical analysis of the flora of the Left Bank Forest-Steppe of the USSR. *Ukr. Bot. J.*, **26**(2): 30–35.
- MRYNSKYI O.P. (1970). Relikty Sumshchyny. In: *Okhorona pryrody ta ratsionalne vykorystannya pryrodnykh resursiv*: 44–48. Kyiv: Nauk. dumka.
- MYLIUTYN S.N. (1916). Spisok rastenyi, naydennykh letom 1912 g. V okrestnostyakh g. Zmieva Kharkovskoy gubernii i Svyatogorskogo monastyrya Izyumskogo uезда toy zhe gubernii. *Tr. o-va yspyt. pryrody Khark. un-ta*, **48**(1): 8–66.
- NALIWAJKO P.N. (1899). Catalogus plantarum sponte nascentium, quas annis 1891-97 circa Charkoviam collegit. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **33**: 82–232.
- NAUMOFF A.I. (1904). Sur la flore des environs de Roublewká dist de Bogodouchow. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **37**: 61–64.
- OUGRINSKY K.A. (1910). Quelques plantes rares de la flore de Kharkoff. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **43**: 225–237.
- OUGRINSKY K.A. (1912). Materials for the flora of the Akhtyrsky district of the Kharkov province. Part 1. 1911. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **45**: 333–386.
- OUGRINSKY K.A. (1917). Plants collected in the Kharkov province in 1912 and 1915. *Vestn. russkoy flory*, **3**(2–3): 1–5.
- PANCHENKO S.M., IVANETS V.YU. (2019). *50 rare plants of Sumy region. Atlas-reference*. Chernivtsi, 64 p.
- PAVLOVYCH L.O. (1876). *O kormovykh travakh, dykorastushchykh y vzdelyvaemykh v Ukrainy. Botanyko-khozyaystvennyi ocherk*. Kharkov, 234 p.
- PROKUDIN YU.M. (1939). Materials for cognition of the genus *Poa* L. *Zhurnal In-tu botaniky AN USRR*, **28**(20): 195–202.

- PROKUDIN YU.M., MATVIENKO A.M. (1987). Kratkye ytohy kompleksnogo yzuchenyya flory y rastytel'nosti sredneho techenyya r. Sev. Donets v svyazy s zadachamy ykh okhrany. *Bulletin of Kharkiv University*, **308**: 3–8.
- PROKUDIN YU.M., TVERETYNNOVA V.V., GORELOVA L.N., ERMOLENKO E.D., DRULIOVA I.V., KOMYR Z.V. (1979). Redkye y yshezayushchye rastenyia Kharkovskoy oblasti trebuyushchye okhrany. *Bulletin of Kharkiv University*, **189**: 26–33.
- PROTOPOPOVA V.V. (1964). Poshyrennyia deyakykh novykh ta malovidomykh adventyvnykh roslyn po Lisostepu ta Stepu Ukrainy za pislyavoyennyi chas. *Pytannya eksperymentalnoi botaniky*: 127–132.
- PROTOPOPOVA V.V. (1973). *Adventyvni roslyny Lisostepu i Stepu Ukrainy*. Kyiv: Naukova dumka, 188 p.
- PYRINA I.S., SAPOZHNIKOVA V.A. (2013). To the question of studying the features of the flora of dry meadows in the vicinity of the village Gaidary (Zmievsky district of the Kharkov region). In: *Biology: from molecules up to biosphere*: 216–217. Kharkiv: N.V. Karazina KNU.
- RODINKA O.S., KARPENKO K.K. (1994). Pro poshyrennyia astrahalu sherstystokvitkovoho (*Astragalus dasyanthus* Pall.) na Sumshchyni ta problemy yoho okhorony. In: *Likarski ta ridkisni roslyny Sumskoi oblasti (resursy, vykorystannya, okhorona)*: 54–57. Sumy.
- SHAPARENKO I.YE. (2013). Ridkisni stepovi vidi baseynu r. Vorskla (na teritorii Sumskoi oblasti). In: *Aktualni problemi doslidzhennya dovkillia. Zbirnik naukovikh prats (za materialami V Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii, 23 – 25 travnya 2013 r.) Tom 1*: 333–338.
- SHYRIAIEV G.I. (1906). K flore Kharkovskoy gubernii. *Tr. Bot. sada Ymperatorskoho Yurevskoho un-ta.*, **7**(2): 80–84.
- SHYRIAIEV G.I. (1907). Materialy dlya flory Lebedinskogo uezda Kharkovskoy gubernii. I. Spisok rastenyi, sobrannykh ili nablyudavshikhsya v Lebedinskom uezde. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **40**(2): 233–268.
- SHYRIAIEV G.I. (1913). *Materialy dlya flory Kharkovskoy gubernii*. Kharkiv: Tipo-lit. Sergeeva i Galchenka, 41–66 p.
- SHYRIAIEV G.I. (1914). Redkie rastenyia Kharkovskoy flory. *Byull. Khark. o-va lyubit. prirody*, **3**: 58–61.
- SKLIAR B.G., SKLIAR YU.L. (2011). Kharakterystyka urochyscha «Obraz» yak perspektyvnoi dlya zapovidannya terytorii. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, **19**(4): 5–8.
- SOLOMAKHA V.A. (1981). Floristic classification of meadow vegetation of the Vorskla river basin. *Ukr. Bot. J.*, **38**(6): 66–69.
- STARODUB P. (1914). Yz khoda vesny etoho hoda v okrestnostyakh h. Sum. *Byull. Khark. o-va lyubit. pryrody*, **3**: 61–63.
- TALIEV V.I. (1913). *Vvedenye v botanycheskoe yssledovanye Kharkovskoy gubernii*. Kharkiv: Yzd-vo Khark. hub. Zemstva, 00 p.
- TYMOFEEV G.E. (1903). To the flora of the vicinity of Kharkov. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **38**(1): 3–67.
- VAKAL A.P. (2018). Roslynnist okolyts terytorii biolohichnogo statsionaru “Vakalivshchyna” Sumskoho derzhavnogo pedahohichnogo universytetu imeni A.S. Makarenka. *Vakalivshchyna: Do 50-richchya biologichnogo statsionaru Sumskogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu imeni A.S. Makarenka. Zbirnyk naukovykh prats*: 17–24.
- ZALESSKY K.M. (1914). The first information about the flora of the Sumy district of the Kharkov province. List of plants collected and observed in Sumy, partly Lebedinsky and Akhtyrsky districts. *Proceedings of the Society of Naturalists at Kharkov University*, **47**(1): 101–147.
- ZLOBIN YU.A., BONDAREVA L.N., KIRILCHUK E.S. (2010). The state of cereal and leguminous grass coenopopulations on flood-lands meadows in Forest-steppe zone under different regimes of grazing and haying. *Rastytelnye resursy*, **46**(1): 47–56.
- ZLOBIN YU.A., SKLIAR V.G., KLYMENKO A.A. (2015). *Populyatsyi redkykh vydiv rastenyi: Teoretycheskye osnovy y metodyka yzuchenyya*. Sumy: Universytetska knyha, 439 p.
- ZOZ I.G. (1933). Roslynnist Mykhaylivskoi tsilyny na Sumshchyni. *Zhurnal bio-botanichnogo tsykladu VUAN*, **5–6**: 157–184.

Spatial distribution of bryophyte species diversity in Eastern Europe

OLEG MECHISLAVOVICH MASLOVSKY

MASLOVSKY O.M. (2020). **Spatial distribution of bryophyte species diversity in Eastern Europe.** *Chornomors'k. bot. z.*, **16** (4): 323–332. doi: 10.32999/ksu1990553X/2020-16-4-5

To assess the spatial distribution of bryophytes in Eastern Europe, more than 53,000 localities of 1296 species were analyzed in 397 squares of 100 x 100 km. The number of species within (or density) of one square varies from 591 (southwest of the Kola Peninsula to less than 50 (in arid steppe and semi-desert regions in the southern part of Eastern Europe and in some of arctic and north-taiga poorly studied territories). 8 centers of bryophytes species diversity have been identified in Eastern Europe: Kola Peninsula, South Karelian, Ural, Estonian, Smolensk-Moscow Upland, Carpathians, Black Sea, Caucasian, as well as 7 intermediate sub-centers: Arkhangelsky, Timansky, Narochansky, Volzhsko-Kamsky, South Ural, Belovezhsky, Kiev-Mozyrsky. Their characteristics and unique species for each centers are given. A structural model of the organization and interrelationships of bryofloras in Eastern Europe is proposed. The elevated mountain regions are the concentration of maximum diversity and refuge for many rare species of bryophytes in the region. The central connecting core of the system is the Smolensk-Moscow Upland. It is through this center, there is a connection between the western and eastern parts of the bryoflora of Eastern Europe. The most related element of the spatial structure of bryophytes in Eastern Europe is the Kyiv-Mozyr subcenter (5 ribs), through which the main migration of bryophytes from north to south and vice versa occurs. The Belovezhsky and Narochansky subcenters each have 4 ribs and also actively contribute to the migration process. Through the elevated areas of the Arkhangelsky and Timan subcenters, the Kola Peninsula and South Karelian regions are connected with the Urals. The most isolated in the region is the Caucasus, which maintains links with other centers through the Black Sea center.

Key words: bryophytes, species diversity, Eastern Europe, spatial distribution

Масловський О.М. (2020). **Просторовий розподіл видового різноманіття мохоподібних Східної Європи.** *Чорноморськ. бот. ж.* **16** (4): 323–332. doi: 10.32999/ksu1990553X/2020-16-4-5

Для оцінки просторового розподілу мохоподібних на території Східної Європи були проаналізовані більше 53 000 місцезнаходжень 1296 видів в 397 квадратах розміром 100 x 100 км. Кількість видів в межах (або щільність) одного квадрата варіює від 591 (південний захід Кольського півострова) до менш ніж 50 (в посушливих степових і напівпустельних регіонах в південній частині Східної Європи і ряду арктичних і північно-тайгових мало вивчених територій). Виділено 8 центрів видової різноманітності мохоподібних Східної Європи: Кольський, Південно-Карельський, Уральський, Естонський, Смоленсько-Московська височина, Карпати, Чорноморський, Кавказький, а також 7 проміжних субцентрів: Архангельський, Тіманський, Нарочанський, Волзько-Камський, Південно-Уральський, Біловезький, Київсько-Мозирський. Дана їх характеристика і наведені унікальні види. Запропоновано структурну модель організації та взаємозв'язків бріофлори Східної



Європи. Гірські райони є зосередженням максимальної різноманітності і притулком для багатьох рідкісних видів мохоподібних в регіоні. Центральним сполучним ядром системи є Смоленсько-Московська височина. Саме через цей центр біорізноманіття здійснюється зв'язок між західними і східними частинами бріофлори Східної Європи. Найбільш зв'язуючим елементом просторової структури бріофлори Східної Європи є Київсько-Мозирський субцентр (5 ребер), саме через нього здійснюється основна міграція бріофітов з півночі на південь і назад. Біловезький і Нарочанський субцентри мають по 4 ребра і також активно сприяють міграційному процесу. Через піднесені ділянки Архангельського та Тиманського субцентрів здійснюється зв'язок Кольського і Південно-Карельського регіонів з Уралом. Найбільш ізольованим в регіоні є Кавказ, який здійснює зв'язки з іншими центрами через Чорноморський центр.

Ключові слова: мохоподібні, видове різноманіття, Східна Європа, просторовий розподіл

МАСЛОВСКИЙ О.М. (2020). **Пространственное распределение видového разнообразия мохообразных Восточной Европы.** *Черноморск. бот. ж.*, **16** (4): 323–332. doi: 10.32999/ksu1990553X/2020-16-4-5

Для оценки пространственного распределения мохообразных на территории Восточной Европы были проанализированы более 53 000 местонахождений 1296 видов по 397 квадратам размером 100 x 100 км. Количество видов в пределах (или плотность) одного квадрата варьирует от 591 (юго-запад Кольского полуострова) до менее 50 (в засушливых степных и полупустынных регионах в южной части Восточной Европы и ряда арктических и северо-таежных слабоизученных территорий). Выделены 8 центров видového разнообразия мохообразных Восточной Европы: Кольский, Южно-Карельский, Уральский, Эстонский, Смоленско-Московская возвышенность, Карпаты, Черноморский, Кавказский, а также 7 промежуточных субцентров: Архангельский, Тиманский, Нарочанский, Волжско-Камский, Южно-Уральский, Беловежский, Киевско-Мозырский. Дана их характеристика и приведены уникальные виды. Предложена структурная модель организации и взаимосвязей бріофлор Восточной Европы. Возвышенные горные районы являются сосредоточением максимального разнообразия и убежищем для многих редких видов мохообразных в регионе. Центральным связующим ядром системы является Смоленско-Московская возвышенность. Именно через этот центр биоразнообразия осуществляется связь между западными и восточными частями бріофлоры Восточной Европы. Наиболее связанным элементом пространственной структуры бріофлор Восточной Европы является Киевско-Мозырский субцентр (5 ребер), именно через него осуществляется основная миграция бріофітов с севера на юг и обратно. Беловежский и Нарочанский субцентры имеют по 4 ребра и также активно способствуют миграционному процессу. Через возвышенные участки Архангельского, Тиманского субцентров осуществляется связь Кольского и Южно-Карельского регионов с Уралом. Наиболее изолированным в регионе является Кавказ, осуществляющий связи с другими центрами через Черноморский центр.

Ключевые слова: мохообразные, видовое разнообразие, Восточная Европа, пространственное распределение

Eastern Europe is a big region, on the territory of which various natural zones are represented: tundra, taiga, deciduous forests, steppes, semi-deserts and fragments of subtropics. The species diversity of various plant groups is represented here unevenly, which is due to the zonal aspect, physical and geographical conditions, ecological and anthropogenic factors, as well as the history of ecosystem formation. Thus, the spatial distribution of plant species richness in the region is the most important characteristic of biodiversity.

In addition, to study the history of the formation of floras of separate territories within the big region, their current state and prognosis of their development under conditions of increasing anthropogenic impact, it is necessary to consider them in a broader spatial aspect.

The territory often studied by florists is located in the place of contact of various natural zones and species of various origins take part in the flora. Therefore, it is advisable to consider the flora of a particular territory as part of the floristic system of a large region. This approach, substantiated by us [MASLOVSKY, 2002], seems to be justified also in connection with the peculiarities of the geographic distribution of bryophytes, their ecology and biology (a considerable extent of their ranges, the settlement of microeconiches, etc.), as well as the close phytogeographic connections of individual bryofloras. region. Thus, the object of our study was the spatial distribution of species biodiversity of bryophytes in Eastern Europe.

Materials and research methods

To assess the spatial distribution of bryophytes on the territory of Eastern Europe, more than 80,000 localities of 1296 species were analyzed in 397 squares 100 x 100 km in size (Fig. 1); in fact, the density of distribution of the number of species per unit area (10,000 sq. km) was estimated. Bryophyte mapping was carried out as a result of processing of literature sources, herbarium materials and field studies, and on the basis of the basic system of geographical maps – the Universal Transverse Mercator (UTM), which is used for the publication of the Atlas Florae Europaeae for vascular plants [ATLAS .., 1972]. All records of bryophytes were used, including historical ones, but with critical recommendations from the authors of regional floras. Of course, using only recent collections would make it possible to study the current state of bryological species diversity and its dynamics, but this is a task for further separate investigations. We also define the geographical boundaries of Europe according to this publication, when only the northern part of the Caucasus is part of Europe. The mapping of Arctic islands may be a separate study and not included in the objectives of the work.

Field floristic research was carried out by the author on the territory of Belarus and in a number of regions of Eastern Europe (Lithuania, Carpathians, Crimea, Ural, Valdai and Smolensk-Moscow Uplands, Kola Peninsula, etc.).

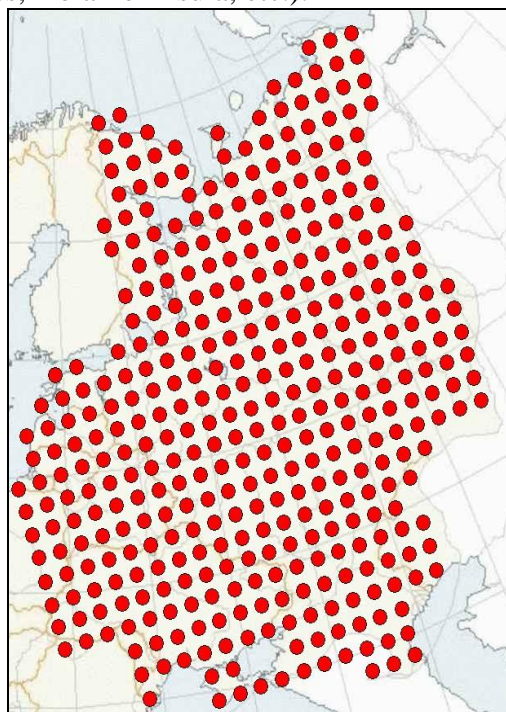


Fig. 1. Area of mapping and division into squares.

More than 700 literary sources were processed. Among them, as generalizing publications of the bryoflora of the former USSR [IGNATOV, AFONINA, 1992; IGNATOV, AFONINA et al. 2006; KONSTANTINOV et al., 1992; SAVICH-LYUBITSKAYA, SMIRNOVA, 1970],

Belarus [RYKOVSKY, MASLOVSKY, 2004, 2009], Ukraine [BACHURINA, MELNICHUK, 1987-2003; BOIKO, 2002, 2008], Lithuania [JUKONIENE, 2003], Latvia [ABOLIN, 1965, 2001], Estonia [INGERPUU et al., 1998], Moldova [Simonov, 1978], Russia [IGNATOV, IGNATOVA, 2003, 2004; POTEKIN, SOFRONOVA, 2009; KONSTANTINOVA et al., 2009], many regional floras, Red Data Books. A list of the main part of the literature is presented in the book [MASLOVSKY, 2017].

Of course, a complete mapping of all known distribution sites of bryophytes in such a large territory as Eastern Europe is impossible, since the volume of bryological literature and concrete data is constantly growing rapidly. The concrete locations of some species were difficult to establish, although they were listed in the flora of certain regions.

The species composition and spatial distribution of bryophytes in the western part of Eastern Europe have been studied most fully, in our opinion, and, conversely, the eastern lowland arctic, taiga and steppe regions are less studied in the bryological sense. However, the general patterns of the spatial distribution of bryophytes in Eastern Europe are already more or less visible.

The materials were inputted in specialized databases, on the basis of which an electronic atlas of the distribution of bryophytes in Eastern Europe was created (Fig. 2).

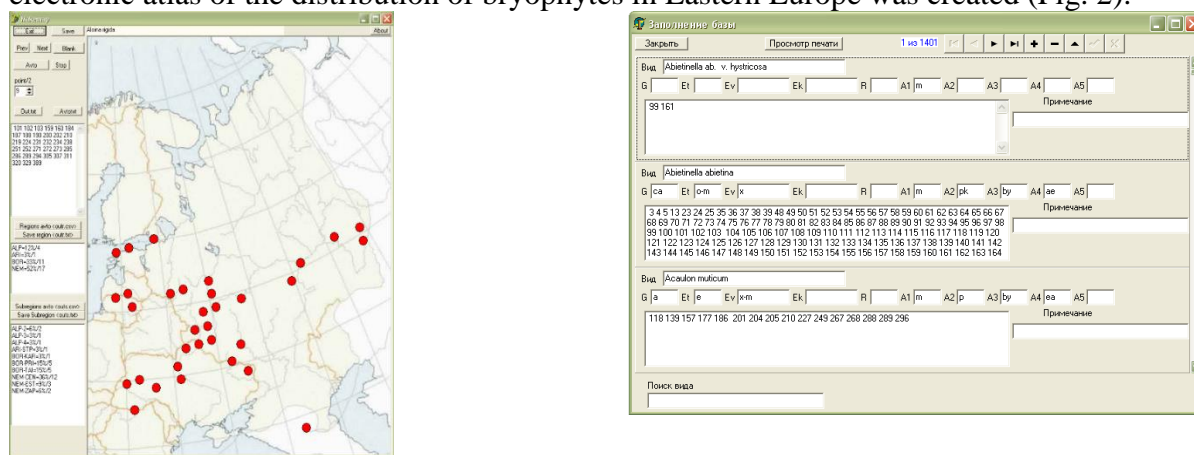


Fig. 2. Electronic atlas of the distribution of bryophytes in Eastern Europe.

The taxonomic species names of bryophytes are given mainly according to the general European summary [HODGETTS, 2015].

The results

The number of species within one square varies from 591 (south-west of the Kola Peninsula to less than 50 (in arid steppe and semi-desert regions in the southern part of Eastern Europe and a number of Arctic and north-taiga poorly studied areas). For the latter, more detailed studies can to some extent change the data on the spatial distribution of bryophytes in the analyzed territory without changing the general nature of the patterns.

A general analysis of the distribution of the spatial bryophytes species diversity in Eastern Europe shows (Fig. 3) that the species diversity is mainly concentrated in the mountainous and upland regions of the Kola Peninsula, southern Karelia, the Urals, the coastal territories of Estonia (alvars), the Carpathians, Crimea and foothills Caucasus.

The following centers with the maximum species density on the territory of Eastern Europe can be distinguished (Tabl. 1):

Table 1.

Maximum species density in the centers of bryological species diversity (on 10000 square km) on the territory of Eastern Europe.

Centres	Maximum number of species
A – Kola Peninsula	591
B – South Karelian	370
C – Ural	480
D – Estonian	445
E – Smolensk-Moscow Upland	326
F – Carpathians	495
G – Black Sea.	429
H – Caucasian	361

A – Kola Peninsula (mainly south-western part). It is located at the junction of the Arctic, Alpine and Boreal regions, which determines the maximum species diversity of bryophytes per square – 591. Only in this center of species diversity are bryophytes found on the territory of Eastern Europe (within the study area): *Asterella lindenbergiana* Corda ex Nees) Lindb., *Barbilophozia rubescens* (M.Schust. & Damsh.) Kartt. & L.Soederstr., *Cephaloziella varians* (Gottsche) Steph., *Lophozia schusteriana* Schljakov, *Mesoptychia heterocolpos* var. *arctica* (S.W. Arnell) L. Söderstr. & Váňa, *Saccobasis polymorpha* (R.M.Schust.) Schljakov, *Scapania glaucocephala* (Taylor) Austin, *S. obscura* (Arnell & C.E.O.Jensen) Schiffn., *S. sphaerifera* H.Buch & Tuom., *S. spitsbergensis* (Lindb.) Muell.Frib., *Schistochilopsis grandiretis* (Lindb. ex Kaal.) Konstant., *Andreaea blyttii* Bruch et al., *Bryum bryoides* (R. Br.) Wijk & Margad, *B. lapponicum* Kaurin, nom. Illeg., *B. muehlenbeckii* Bruch & Schimp., *B. teres* Lindb., *Drepanocladus angustifolius* (Hedenäs) Hedenäs & C.Rosborg, *Encalypta brevipes* Schljak., *Gymnostomum boreale* Nyholm & Hedenäs, *Hygrohypnum smithii* (Sw.) Broth., *Oncophorus virens* var. *serratus* (Bruch & W. P. Schimper) Braithwaite, *Sanionia georgicouncinata* (Müll.Hal.) Ochyra & Hedenäs, *Schistidium subjulaceum* H.H.Blom, *S. tenerum* (J.E.Zetterst.) Nyholm, *Sciuro-hypnum dovrense* (Limpr.) Draper & Hedenäs, *Trematodon brevicollis* Hornsch., *Ulota phylantha* Brid.

B – South Karelian. Covers various parts of the boreal region. The combination of a variety of different taiga conditions, the presence of two large lakes (Ladoga and Onega) and the proximity of the Baltic, as well as small areas of alvars, cause a significant species diversity of bryophytes (326 in the east and 370 in the west per 10,000 km²). Only in this center of species diversity are found in Eastern Europe (within the study area): *Cephaloziella stellulifera* (Taylor ex Spruce) Schiffn., *Gymnomitrium obtusum* Lindb., *Climacium japonicum* Lindb., *Orthotrichum urnigerum* Myrin, *Schistidium canadense* (Dupr.) Ignatova & H.H. Blom.

C – Ural (central part of the Ural mountain range). Here, the number of species per square reaches 480. This diversity of mountain conditions, as well as the surrounding areas of the boreal regions and immoral. Only in this center of species diversity are found in Eastern Europe (within the study area): *Asterella saccata* (Wahlenb.) A. Evans, *Brachythecium buchananii* (Hook.) A. Jaeg., *Bryum sauteri* Bruch & Schimp., *Fontinalis hypnoides* var. *Duriaei* (Schimp.) Kindb., *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium* Geh.) Paris, *Molendoa tenuinervis* Limpr., *Oligotrichum falcatum* Steere, *Orthotrichum pellucidum* Lindb., *Timmia sibirica* Lindb. & Arnell.

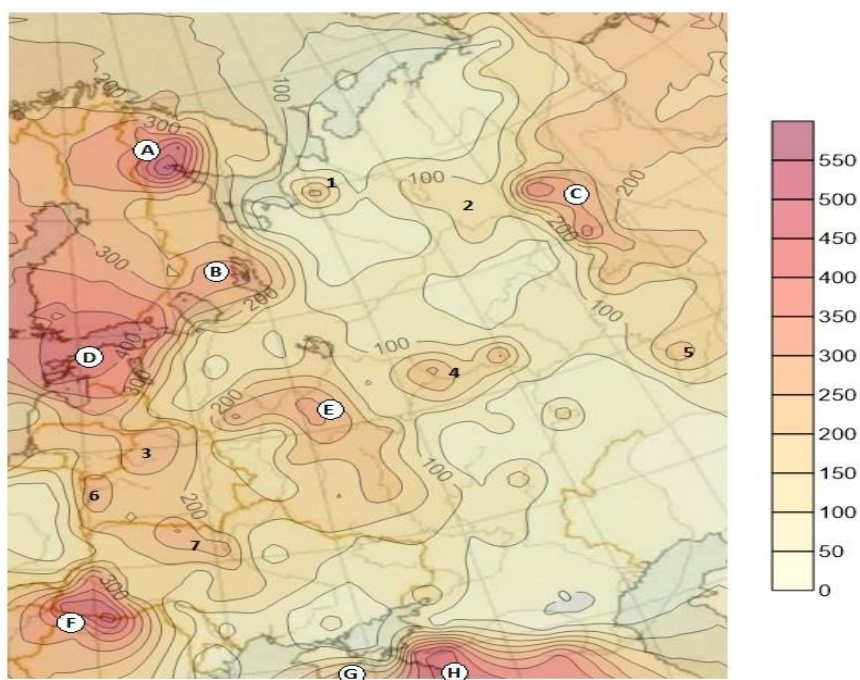


Fig. 3. Centers and sub-centers of species diversity of bryophytes of Eastern Europe: A – Kola Peninsula, B – South Karelian, C – Ural, D – Estonian, E – Smolensk-Moscow Upland, F – Carpathians, G – Black Sea, H – Caucasian, 1 – Arkhangelsky, 2. Timansky, 3. Narochansky, 4. Volzhsko-Kamsky, 5. South Ural, 6. Belovezhsky, 7. Kyiv-Mozyr.

D – Estonian. Located within the boreal region and adjacent to the Baltic Sea. The center of species diversity here is concentrated in the so-called alvars, formed by limestone, treeless landscapes, where a thin fertile alvar soil with a high calcium content is formed. Alvars are typical for the northern part of Estonia, including the island of Saaremaa. In addition to specific substrates, Atlantic climatic conditions are most pronounced here. The density of bryophyte species per square meter here reaches 445. Only in this center of species diversity are found on the territory of Eastern Europe (within the study area): *Cephaloziella elegans* (Heeg) Schiffn., *Mannia sibirica* (Muell.Frib.) Frye & L.Clark, *Riccia warnstorffii* Limpr. ex Warnst., *Archidium alternifolium* (Hedw.) Mitt., *Bryum blindii* Bruch & Schimp., *B. marratii* Wilson, *Hedwigia stellata* Hedenäs, *Microbryum floerkeanum* (Weber & D. Mohr) Schimper, *Orthotrichum rogeri* Brid., *O. rupestre* var. *sturmii* (Hoppe & Hornsch.) Jur., *Splachnum pensylvanicum* (Brid.) Grout ex H. A. Crum, *Thamnobryum subserratum* (Hook. ex Harv.) Nog. & Z. Iwats., *Tortella rigens* Alberts., *Zygodon stirtoni* Schimp. The Estonian center of species diversity borders in the east on the South Karelian one, and in the south it extends to the territory of Belarus (Narochansky subcenter).

E – Smolensk-Moscow Upland, including the northern part of the Central Russian Upland. It is located on the border of the boreal and nemoral (temperate) regions. The species diversity is up to 326 species per 10,000 km². In the west, it partly extends to the territory of Belarus and passes into the Naroch sub-center. Specific bryophytes growing only here in Eastern Europe are practically absent (*Hypnum cupressiforme* var. *heseleri* (Ando & Higuchi) M.O.Hill., *Leucodon pendulus* Lindb.), but this center may have some importance in supporting biodiversity and species migration in the central part of Eastern Europe. Some of our thoughts on this will be discussed in more detail below.

F – Carpathians. It ranks second in species density (up to 495) in Eastern Europe. The high diversity, in addition to a wide range of varied mountain conditions, also determines

the climatic features and the proximity of the nemoral region. Only in this center of species diversity are found in Eastern Europe (within the study area): *Bucegia romanica* Radian, *Clevea spathysii* (Lindenb.) Muell.Frib., *Frullania jackii* Gottsche, *Gymnomitrium adustum* Nees emend. Limpr., *Metzgeria hamata* Lindb., *Porella baueri* (Schiffn.) C.E.O.Jensen, *Scapania Helvetica* Gottsche, *S. verrucosa* Heeg, *Bryoerythrophyllum alpigenum* (Vent.) P.C. Chen, *Campylopus gracilis* (Mitt.) A.Jaeger, *Campylostelium strictum* Solms, *C. saxicola* (F. Weber et D. Mohr) Bruch et Schimp., *Grimmia fuscolutea* Hook., *Homalia webbiana* Mont.) Schimp., *Isothecium holtii* Kindb., *Orthotrichum scanicum* Gronvall, *Plagiothecium neckeroideum* Schimp., *Tetradontium ovatum* (Funck) Schwägr., *Tortula canescens* Mont., *Ulota rehmannii* Jur., *Zygodon dentatus* (Limpr.) Kartt.

G – Black Sea. It includes the mountainous part of the southern Crimea and the western spurs of the Caucasus Mountains on the Black Sea coast. It is characterized by a subtropical climate. It grows from 220 species in the Crimea to 429 in the south of the Krasnodar region and Abkhazia. Only in this center of species diversity are bryophytes found on the territory of Eastern Europe (within its limits): *Calypogeia fissa* (L.) Raddi, *Cephaloziella turneri* (Hook.) Muell.Frib., *Frullania parvistipula* Steph., *Jubula hutchinsiae* subsp. *javanica* (Steph.) Verd., *Mesoptychia turbinata* (Raddi) L. Söderstr. & Váňa, *Scapania aspera* M.Bernet & Bernet, *Southbya tophacea* (Spruce) Spruce, *Targionia hypophylla* L., *Bryum gemmiparum* De Not., *Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn., *Cryphaeae heteromalla* (Hedw.) D.Mohr, *Fissidens rivularis* (Spruce) Schimp., *Habrodon perpusillus* (De Not.) Lindb., *Homalothecium aureum* (Spruce) H. Rob., *Leptodon smithii* (Hedw.) F.Weber & D.Mohr, *Neckera menziesii* Drumm, *Plasteurhynchium meridionale* (Bruch et al.) M.Fleisch., *Tortella flavovirens* (Bruch) Broth.

H – Caucasian. It includes the foothills and the mountainous part of the Caucasus within Eastern Europe. The density of species here reaches 361. In fact, this center is only a small part of the specific bryoflora of the Greater Caucasus. Only in this center of species diversity are found in Eastern Europe (within the study area): *Lophozia lantratoviae* Bakalin, *Nardia compressa* (Hook.) Gray, *Andreaea heinemannii* Hampe & Müll.Hal., *Bryoerythrophyllum rubrum* (Jur. ex Geh.) P.C. Chen, *Bryum caucasicum* (Schimp. ex Broth.) C.J.Cox & Hedd., *Didymodon asperifolius* Mitt.) H.A.Crum et al., *D. perobtusus* Broth., *Entodon challengerii* (Par.) Card., *Entosthodon handelii* (Schiffn.) Laz., *Eurhynchiadelphus eustegius* (Besch.) Ignatov & Huttunen, *Hilpertia velenovskii* (Schiffner) R.H.Zander, *Indusiella thianschanica* Broth. & Müll.Hal., *Jaffueliobryum latifolium* (Lindb. et Arnell) Thér., *Leptodontium flexifolium* (Dicks.) Hampe, *Lindbergia brachyptera* (Mitt.) Kindb., *L. dagestanica* Ignatova & Ignatov, *L. grandiretis* (Lindb. ex Broth.) Ignatov & Ignatova, *Molendoa schliephackei* (Limpr. ex Schlieph.) R. H. Zander, *Oreas martiana* (Hoppe & Hornsch.) Brid., *Orthotrichum callistomum* Fisch.-Oost. ex Bruch et al., *O. vladikavkanum* Venturi, *Oxyrrhynchium pumilum* (Wilson) Loeske, *Philonotis rigida* Brid., *Pogonatum inflexum* (Lindb.) Sande Lac., *P. neesii* (Müll.Hal.) Dozy, *Schistidium marginale* H.H. Blom, Bedn.-Ochyra & Ochyra, *S. obscurum* H.H. Blom, Köckinger & Ignatova, *S. sinensiacarpum* (Müll. Hal.) Ochyra, *S. subflaccidum* (Kindb.) H.H.Blom, *S. succulentum* Ignatova & H.H. Blom, *Syntrichia pseudohandelii* (J.Fröhl.) S.Agnew & Vondr., *S. papillosissima* (Copp.) Loeske, *Thamnobryum neckeroides* (Hook.) E.Lawton, *Tortula systylia* (Schimp.) Lindb., *T. transcaspica* Broth., *Trichostomum connivens* (Lindb. ex Broth.) Paris.

In addition to the above-described main centers of bryophyte species diversity, additional sub-centers can be distinguished in Eastern Europe. They are the following:

1. Arkhangelsky, bordering from the northwest on the Kola Peninsula. Possibly increased species diversity (254 species per square), among other features, is also associated with a more thorough study of the territory.

2. Timansky. Covers the Timan Ridge and Northern Uvaly. These are elevated areas in the north taiga region. They are characterized by an increased species diversity in comparison with the surrounding territories and are associated with the Ural center.

3. Narochansky (Narochansko-Berezinsky). It is located in the north of Belarus and covers the boreal region. The species diversity here reaches 276 species per 10,000 km². In the north-west it borders on the Estonian center and in the north-east on the Smolensk-Moscow Upland.

4. Volzhsko-Kamsky. It is characterized by a relatively increased species diversity (up to 300) compared to the surrounding territories due to the fact that it covers a nemoral region and borders on the boreal-taiga one.

5. South Ural. It is located at the junction of 3 regions: Alpine, Nemoral and Arid. The number of species here reaches 292.

6. Belovezhsky (Grodno-Belovezhsky). It is located in the western part of the nemoral region and the species density here reaches 300. Probably continues on the territory of Eastern Poland.

7. Kyiv-Mozyr. It is located in the middle of the Polesie lowland on two low elevations above sea level, but with a significant relative difference in elevation, which creates additional favorable conditions for the growth of bryophytes. The number of species per square here reaches 311.

To the south, the species biodiversity of bryophytes noticeably decreases in the arid region, increasing only on the spurs of the Caucasus and Crimean mountains.

The species diversity of bryophytes in Eastern Europe has its own characteristics in various taxonomic groups (Fig. 4).

If the species diversity of mosses in general repeats the general diversity of bryophytes on the territory of Eastern Europe, then the diversity of liverworts and anthocerotes, due to their biological and ecological characteristics, has its own specificity. Most of the species and their localities of the latter are concentrated in the western part of the study area. The distribution of liverworts and anthocerotes on the Kola Peninsula is significant in area, and their diversity is also more clearly expressed in the nemoral region. However, they are almost completely absent in the arid region, southeast of 53 degrees east latitude and 37 degrees longitude, and in the arid northeastern foothills of the Caucasus.

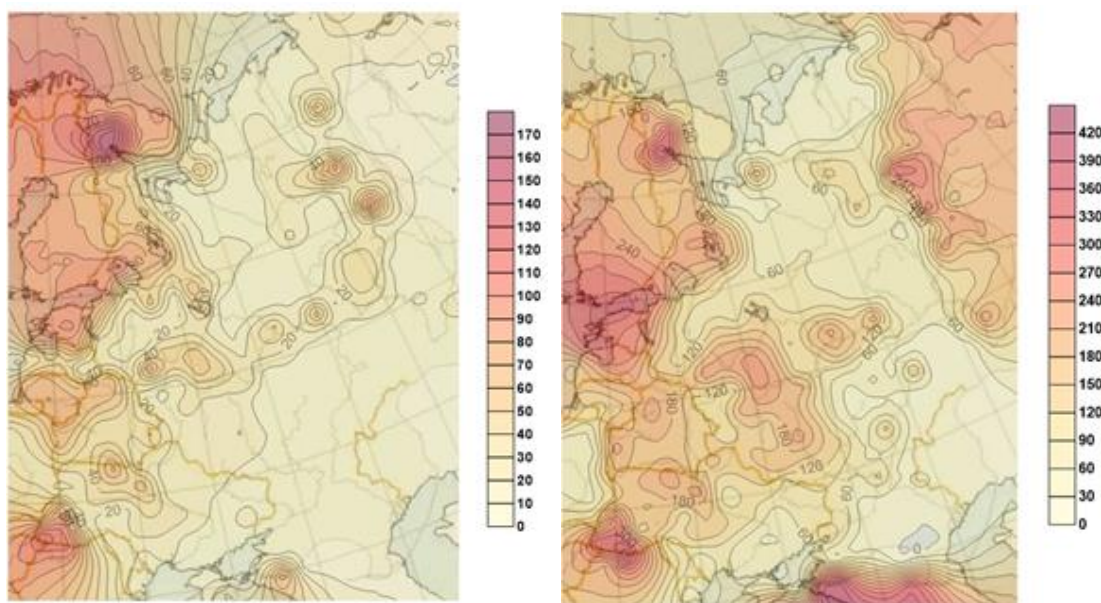


Fig. 4. Species diversity (number of species in squares) of bryophytes in Eastern Europe: A – liverworts and anthocerotes, B – mosses.

of bryoflora in Eastern Europe is the Kyiv-Mozyr subcenter (4 ribs), it is through it that the main migration of bryophytes from north to south and from south to north occurs. Belovezhsky and Narochansky subcenters have 4 ribs and also actively contribute to the migration process. Through the elevated areas of the Arkhangelsky and Timan sub-centers, the Kola Peninsula and South Karelian centers are connected with the Urals. The most isolated in the region is the Caucasus, which maintains links with other centers through the Black Sea center and Crimea.

Of course, this model is clearly of a preliminary theoretical character and does not pretend to be completely reliable, but it can serve as a scheme, a basis for further biogeographic and floristic studies.

In general, the obtained data are consistent with the results of previous similar studies [IGNATOV, 1993] on the species diversity of bryophytes obtained in the approximation to area of 100,000 km². Our research provides a more detailed picture of the spatial distribution in the central part of the region, especially in the zone of deciduous forests.

References

- ABOLINA A. (1965). Mosses of Latvian SSR. Riga, 331 p. (In Russian)
- ABOLINA A. (2001). List of bryophytes of Latvia. *Latvijas Vegetācija*, 3: 47–87. (In Latvian)
- ATLAS florae europaeae (1972) Vol. 1. Cambridge University Press.
- BACHURINA G.F., MELNICHUK V.M. (1987-1989). Moss flora of Ukrainian SSR. *Andreaeopsida, Bryopsida*. Pts. 1-3. Kyiv, Naukova Dumka: 1 (1987), 180 p.; 2 (1988), 180 p.; 3 (1989) 175 p. (In Ukrainian)
- BACHURINA G.F., MELNICHUK V.M. (2003). Moss flora of Ukraine. *Andreaeopsida, Bryopsida*. Pt. 4. Kyiv, Natsional'na Akademiya Nauk Ukraini, 256 p. (In Ukrainian)
- BOIKO M.F. (1992). Brioflora strepnoi zony Vostochno-Evropейskoi ravniny i Predkavkazzia. Diss.... dokt. biol. nauk. Kyiv. 351 p. (In Ukrainian)
- BOIKO M.F. (2008). A checklist of Bryophyta of Ukraine. Kherson: Ailant, 232 p. (In Ukrainian)
- HODGETTS N.G. (2015). Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe. *Irish Wildlife Manuals*, No. 84. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Ireland. 130 p.
- IGNATOV M.S. (1993). Moss diversity patterns on the territory of the former USSR. *Arctoa*, 2: 13–47.
- IGNATOV M.S., AFONINA O.M. (1992). Check-list of mosses of the former USSR. *Arctoa*, 1(1–2): 1–85.
- IGNATOV M.S., AFONINA O.M., IGNATOVA E.A. (2006). Check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*, 15: 1–130.
- IGNATOV M.S., IGNATOVA E.A. (2003). Moss flora of the Middle European Russia Vol. 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae. Moscow: KMK, 608 p. (In Russian)
- IGNATOV M.S., IGNATOVA E.A. (2004). Moss flora of the Middle European Russia Vol. 2. Fontinalaceae-Amblystegiaceae. Moscow, KMK: 609–960. (In Russian)
- INGERPUU N., KALDA A. (1998). Handbook of Estonian bryophytes. Tartu, ERMÜ ZBI esti Loodusfoto, 239 p. (In Estonian)
- JUKONIENE I. (2003). *Mosses of Lithuania*. Vilnius, Botanikos instituto leidykla, 402 p. (In Lithuanian)
- KONSTANTINOVA N.A., BAKALIN V.A., ANDREJEVA E.N. (2009). Checklist of liverworts (Marchantiophyta) of Russia. *Arctoa*, 18: 1–64.
- KONSTANTINOVA N.A., POTEMKIN A.D., SCHLIJAKOV (1992). Check list of the Hepaticae and Anthocerotae of the former USSR. *Arctoa*, 1(1-2): 87-127.
- MASLOVSKY O.M. (2002). Ecological-geographical features of Belarus bryoflora in system of bryofloras of East Europe and questions of protection of bryophytes. In: Problems of bryology at the boundary of centuries. Proceedings of the international conference, Saint Petersburg: 43–45. (In Russian)
- Maslovsky O.M. (2017). Atlas of rare and threatened bryophytes of Eastern Europe as candidates to new European Red List. Minsk: Belorusskaya nauka, 101 p.
- POTEMKIN A.D., SOFRONOVA E.V. (2009). Liverworts and hornworts of Russia. Vol.1. St.-Petersburg; Yakutsk: 368 p. (In Russian)
- RYKOVSKY G.F., MASLOVSKY O.M. (2004). Flora of Belarus, Bryophyta. Vol. 1 *Andreaeopsida-Bryopsida*. Minsk: Taekhnalogia, 439 p. (In Russian)
- RYKOVSKY G.F., MASLOVSKY O.M. (2009). Flora of Belarus, Bryophyta. Vol. 2 *Hepaticopsida – Sphagnopsida*. Minsk: Belarus. navuka, 113 p. (in Russian)
- Savicz-LYUBITSKAYA L.I., SMIRNOVA Z.N. (1970). Handbook of mosses of the USSR. The acrocarpous mosses. Leningrad: Nauka, 822 p. (in Russian)
- SIMONOV G.P. (1978). *Handbook of mosses of Moldavian SSR*. Kishinev: Shtiinza, 168 p. (in Russian)

The influence of laser irradiation and glucose concentration on the content of carotenoids in the mycelium of fungus *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill

KATERYNA SERGIIVNA RESHETNYK

RESHETNYK K.S. (2020). The influence of laser irradiation and glucose concentration on the content of carotenoids in the mycelium of fungus *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. *Chornomors'k. bot. z.*, **16** (4): 333–342. doi: 10.32999/ksu1990553X/2020-16-4-6

The article presents the results of the study of the content of carotenoids of *L. sulphureus* mycelium under the action of LED lasers: BRP–3010–5, with red spectrum radiation with a wavelength of 635 nm, BBP–3010–5 with blue spectrum radiation with a wavelength of 405 nm and BGP–3010–5 with green spectrum radiation with a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) when cultured on nutrient medium with different concentrations of glucose. The irradiated mycelium served as a control. It was found that is most effective for the synthesis of carotenoids the use of glucose-peptone medium with a glucose concentration of 10 g/dm³ in combination with irradiation of mycelium with green light at a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²). Under the action of this irradiation regime for strain L.s.-18 the content of carotenoids in the mycelium increased by 66.1% according to the control. Laser irradiation of mycelium with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the content of carotenoids for strain L.s.-18 by 46.7%. Irradiation with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) contributed to an increase in the content of carotenoids for strain L.s.-16 of the fungus *L. sulphureus* by 28.9%. It was found that the use of glucose-peptone medium with a glucose concentration of 8 g/dm³ in combination with irradiation of the mycelium with green light with a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) was less effective. Under these conditions, the content of carotenoids in the mycelium increased for strain L.s.-17 by 62.3%. Laser irradiation of mycelium with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the content of carotenoids for strain L.s.-17 by 30.6%. Irradiation with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) contributed to an increase in the content of carotenoids for strain L.s.-18 of the fungus *L. sulphureus* by 16.8% respectively. For strain L.s.-16 the number of carotenoids in the mycelium no increase. The use glucose-peptone medium with glucose concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of mycelium with red (wavelength 635 nm), blue (wavelength 405 nm) and green (wavelength 532 nm) light with irradiation energy 51.1 mJ/cm² was no increase in the content of carotenoids in the mycelium.

Keywords: mycelium, carotenoids, photoreception, photoactivation

РЕШЕТНИК К.С. (2020). Вплив лазерного випромінювання та концентрації глюкози на вміст каротиноїдів у міцелії грибів *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. *Чорноморськ. бот. ж.*, **16** (4): 333–342. doi: 10.32999/ksu1990553X/2020-16-4-6

У статті представлено результати дослідження кількості каротиноїдів міцелію *L. sulphureus* за дії LED лазерів: BRP–3010–5, з випромінюванням червоного спектру з довжиною хвилі 635 нм, BBP–3010–5 з випромінюванням синього спектру з довжиною хвилі 405 нм та BGP–3010–5 з випромінюванням зеленого спектру з довжиною хвилі 532 нм (енергія опромінення 51,1 мДж/см²) при культивуванні на живильному середовищі з різними концентраціями глюкози. Контролем слугував



© Reshetnyk K.S.

Vasyl' Stus Donetsk National University, 600-Richchya St, 21, Vinnytsia, Vinnytsia region, 21000, Ukraine

e-mail: k.reshetnyk@donnu.edu.ua

Submitted 23 June 2020

Recommended by D. Leontyev

Published 31 December 2020

неопромінений міцелій. Встановлено, що найефективнішим для синтезу каротиноїдів є використання глюкозо-пептонного середовища з концентрацією глюкози 10 г/дм^3 у комплексі з опроміненням міцелію зеленим світлом довжиною хвилі 532 нм (енергія опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$). За дії цього режиму опромінення для штаму L.s.-18 вміст каротиноїдів у міцелії зріс на $66,1 \%$ відповідно до контролю. Лазерне опромінення міцелію синім світлом довжиною хвилі 405 нм (енергія опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$) збільшило кількість каротиноїдів для штаму L.s.-18 на $46,7 \%$. Опромінення червоним світлом довжиною хвилі 635 нм (енергія опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$) сприяло зростанню кількості каротиноїдів для штаму L.s.-16 гриба *L. sulphureus* на $28,9 \%$. Встановлено, що використання глюкозо-пептонного середовища з концентрацією глюкози 8 г/дм^3 у комплексі з опроміненням міцелію зеленим світлом довжиною хвилі 532 нм (енергія опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$) було менш ефективним. За цих умов вміст каротиноїдів у міцелії зріс для штаму L.s.-17 на $62,3 \%$. Лазерне опромінення міцелію синім світлом довжиною хвилі 405 нм (енергія опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$) збільшило кількість каротиноїдів для штаму L.s.-17 на $30,6 \%$ відповідно. Опромінення червоним світлом довжиною хвилі 635 нм (енергія опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$) сприяло зростанню кількості каротиноїдів для штаму Ls-18 гриба *L. sulphureus* на $16,8 \%$ відповідно. Для штаму L.s.-16 кількість каротиноїдів у міцелії не зростає. Під час використання глюкозо-пептонного середовища концентраціями глюкози 6 та 4 г/дм^3 у комплексі з лазерним опроміненням міцелію червоним (довжина хвилі 635 нм), синім (довжина хвилі 405 нм) та зеленим (довжина хвилі 532 нм) світлом з енергією опромінення $51,1 \text{ мДж/см}^2$ не відбувалося зростання вмісту каротиноїдів у міцелії.

Ключові слова: міцелії, каротиноїди, фоторецепція, фотоактивація

РЕШЕТНИК К.С. (2020). Влияние лазерного излучения и концентрации глюкозы на содержание каротиноидов в мицелии грибов *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. *Черноморськ. бот. ж.*, **16** (4): 333–342. doi: 10.32999/ksu1990553X/2020-16-4-6

В статті представлені результати дослідження кількості каротиноїдів мицелія *L. sulphureus* за действия LED лазерів: ВРР–3010–5, с излучением красного спектра с длиной волны 635 нм , ВВР–3010–5 с излучением синего спектра с длиной волны 405 нм и ВГР–3010–5 с излучением зеленого спектра с длиной волны 532 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$) при культивировании на питательной среде с различными концентрациями глюкозы. Контролем служил необлученный мицелий. Установлено, что наиболее эффективным для синтеза каротиноидов является использование глюкозо-пептонной среды с концентрацией глюкозы 10 г/дм^3 в комплексе с облучением мицелия зеленым светом длиной волны 532 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$). За действия этого режима облучения для штамма L.s.-18 содержание каротиноидов в мицелии выросло на $66,1 \%$ в соответствии с контролем. Лазерное облучение мицелия синим светом длиной волны 405 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$) увеличило количество каротиноидов для штамма L.s.-18 на $46,7 \%$ соответственно. Облучения красным светом длиной волны 635 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$) способствовало росту числа каротиноидов для штаму L.s.-16 гриба *L. sulphureus* на $28,9 \%$. Установлено, что использование глюкозо-пептонной среды с концентрацией глюкозы 8 г/дм^3 в комплексе с облучением мицелия зеленым светом длиной волны 532 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$) было менее эффективным. В этих условиях содержание каротиноидов в мицелии выросло для штамма L.s.-17 на $62,3 \%$. Лазерное облучение мицелия синим светом длиной волны 405 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$) увеличило количество каротиноидов для штамма L.s.-17 на $30,6 \%$. Облучения красным светом длиной волны 635 нм (енергія облучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$) способствовало росту числа каротиноидов для штамма L.s.-18 гриба *L. sulphureus* на $16,8 \%$ соответственно. Для штамма L.s.-16 количество каротиноидов в мицелии не выросло. При использовании глюкозо-пептонной среды с концентрациями глюкозы 6 и 4 г/дм^3 в комплексе с лазерным облучением мицелия красным (длина волны 635 нм), синим (длина волны 405 нм) и зеленым (длина волны 532 нм) светом с энергией излучения $51,1 \text{ мДж/см}^2$ не происходило роста содержания каротиноидов в мицелии.

Ключевые слова: мицелий, каротиноиды, фоторецепция, фотоактивация

Carotenoids perform more than 20 biological functions – from photoreception to protecting the organism from lipid peroxidation [BRITTON, 1986]. From literary sources, it is known that fungi, in which the presence of mycochromic systems is established, have carotenoid pigments. Among them the fungus *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill., which is noted for a fairly high carotenoid content. These pigments are closely associated with the cell membrane and are able to reduction-oxidation (redox) reactions [ZHDANOVA, VASILEVSKAYA, 1982]. Carotenoids take part in protecting the body from the effects of adverse environmental factors, stabilize membranes, and are hormone precursors [KARNAUKHOV, 1986]. They play a role in the processes of differentiation and in the reactions of phototropism and phototaxis [GESSLER et al., 2002; 2006].

It is known that carotenoids have antioxidant, radioprotective, anticancer, immunomodulatory and other medicinal properties [BUTSENKO et al., 2010; GESSLER et al., 2003; GOODWIN, 1980]. Carotenoids are used as dyes and antioxidants in various fields industry [FEDOTOV, 2007; ELDAHSHAN et al., 2013]. Accordingly, a wide range of uses of these pigments requires the search for new organisms-producers to obtain them. One of such organisms that are able to synthesize carotenoids are fungi [BECKER, 1988; GOODWIN, 1980; RIBEIRO et al. 2011]. In particular, the biomass of the fungi *Blakeslea trispora* and *Neurospora crassa* is already used to obtain carotenoids [Becker, 1988; Gessler et al. 2003]. It was studied that the fruiting bodies of fungi of the genera *Hygrophorus*, *Fistulina*, *Cantharellus*, *Boletus*, *Suillus* also contain carotenoids [RIBEIRO et al., 2011]. Among the fungi, one of the most promising producers of carotenoids is the agaricomycet *L. sulphureus*. This fungus can be widely used for obtaining preparations possessing antioxidant protection [VELYGODSKAYA, FEDOTOV, 2016]. It is established that the intensity of metabolic processes in the fungal organism significantly depends on cultivation factors in ex-situ studies [BECKER, 1988]. Because carotenoids are secondary metabolites, there is a possibility of regulation their synthesis by changing the conditions of cultivation of producer strains, including and the composition of nutrient media [SAAKOV, 2003]. An important advantage for obtaining carotenoids of fungal origin is the lack of seasonal dependence of biotechnological production, ecological purity of the obtained drugs, availability of raw materials [PYROG, IHNATOVA, 2009].

Light belongs to environmental factors and regulates morphogenetic processes in many types of fungi. The nature of the effect of light depends on its spectral characteristics and on the duration of the light [KAMADA et al., 2010]. Recently, the mechanisms of photoreception in fungi have been the subject of intensive research [FROEHLICH et al. 2005; DE FABO et al., 2008; KRITSKIY et al., 2010; CORROCHANO, GARRE, 2010; FULLER et al. 2015]. Mushrooms can absorb ultraviolet, blue, green, red and distant red light, using up to 11 photoreceptors and signaling cascades to control most of the genome and adapt to environmental conditions [YU, FISCHER, 2019]. Thus, in the agaricomycetes *Coprinus cinereus* (Schaeff.) Gray, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. and *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler genes encoding the receptors, responsible for the perception of blue light, were found. The study of the fungal genome revealed the photoreceptor genes encoding proteins that are sensitive to red light [KAMADA et al., 2010]. Green light is perceived by opsin systems based on retinal, whose biological functions still need to be clarified [YU, FISCHER, 2019]. The positive influence of irradiation on *P. ostreatus* fungus yields was investigated, and it was also found that laser irradiation at doses of 45–230 mJ/cm² stimulates sprout growth and mycelium growth in *Herichium erinaceus*. The known influence of low intensity light on linear growth and biomass accumulation by different types of macromycetes (*Agaricus bisporus*, *Inonotus obliquus*, *Ganoderma lucidium*, *Herichium erinaceus*, *L. edodes*) [Poyedinok et al., 2013]. It is known that the dependence of photoinduced stimulation of fungal mycelium growth on the concentration of the carbon source in the nutrient medium. In addition, it was found that irradiation leads to changes in the trophism of fungi, which is

expressed in an increase in the efficiency of consumption of a carbon source in environments with low glucose content [POYEDINOK, 2015]. However, literature data on the influence of LED laser systems on the parameters of fungal growth when cultivated on a medium with different concentrations of carbon source are limited, so this issue requires further study. In view of the above, the aim of our article was to determine the amount of carotenoids in *L. sulphureus* mycelium under the influence of laser irradiation and to study the carotenoid accumulation in mycelium under the influence of irradiation at low glucose concentrations.

Materials and methods

Research were conducted at the Department of Botany and Ecology of Vasyl' Stus Donetsk National University. Three strains from the collection of agaricomycete cultures of the Department of Botany and Ecology of Vasyl' Stus Donetsk National University belonging to the Basidiomycota division were used for the research.

To obtain an inoculum the mycelium of strains Ls-17, Ls-16, Ls-18 of the fungus *L. sulphureus* was cultured for 7 days on agar potato-glucose medium in standard Petri dishes (9 cm in diameter).

A device designed by the staff of the Department of Botany and Ecology of Vasyl Stus Donetsk National University was used for laser irradiation of mycelium. The device consists of an 8-sided mirror prism, receives a beam of LED lasers: BRP-3010-5, with red spectrum radiation with a wavelength of 635 nm, BBP-3010-5 with blue spectrum radiation with a wavelength of 405 nm and BGP-3010-5 with emission of a green spectrum with a wavelength of 532 nm (laser manufacturer BOB LASER Co., China) and reflects it on a conveyor belt on which a Petri dish with mycelium is placed. The power of each laser is 100 mW. The device has 2 electric motors, which are responsible for the movement of the mirror prism and the conveyor belt. The device is controlled by a control panel, which is equipped with buttons to adjust the exposure time and select the desired laser with the appropriate wavelength of light. The mycelium was irradiated as follows: a Petri dish with mycelium moves along the conveyor belt and passes under a beam of light with a set wavelength: 635 nm or 405 nm or 532 nm, obtaining the necessary radiation energy (51.1 mJ/cm²), depending on the purpose of our study. Mycelium irradiation in our studies lasted 10 seconds. Mycelium irradiation was conducted in the following embodiments (table 1).

Table 1.

The irradiation of the mycelium of the studied species of macromycetes

Irradiation option	Irradiation duration, sec			Irradiation energy, mJ/cm ²
	Red light (wavelength 635 nm)	Blue light (wavelength 405 nm)	Green light (wavelength 532 nm)	
1 (контроль)	0	0	0	0
2	10	0	0	51,1
3	0	10	0	51,1
4	0	0	10	51,1

Inoculation of Erlenmeyer flasks was performed under sterile conditions using a sterile steel tube 5 mm diameter. For inoculation one of Erlenmeyer flask with nutrient medium used five mycelial disks with a diameter of 5 mm. An unirradiated culture was used to inoculate control Erlenmeyer flasks.

To study the total carotenoid content of mycelium of strains L.s.-17, L.s.-16, L.s.-18 of the fungus *L. sulphureus* was cultured by stationary culture in Erlenmeyer flasks on glucose-peptone nutrient medium of the following composition (g/dm³) [BISKO et al., 1983]: different concentrations of glucose (10, 8, 6, 4), peptone - 3.0; KH₂PO₄ - 0,6; K₂HPO₄ - 0.4; MgSO₄ · 7 H₂O - 0.5; CaCl₂ - 0.05; ZnSO₄ · 7 H₂O - 0.001, distilled water - 1 dm³. The volume of Erlenmeyer flask was 0.25 dm³, the volume of nutrient medium was 0.05 dm³. Duration of

cultivation – 12 days. Cultivation was carried out at a temperature of 25 ± 2 °C in a thermostat.

The accumulation of biomass in all experiments was determined by the weight method, drying the mycelium to a constant mass at a temperature of 105° C [DUDKA et al., 1982], (g absolute dry biomass /dm³). To determine the total carotenoid content, the mycelium was homogenized by grinding in a sterile mortar and extracted with ethyl alcohol (90%) in a ratio of 1:5 for 10 min at temperatures of 60 °C. The mixture was centrifuged for 10 minutes at RCF 450 (Laboratory medical centrifuge OPn-8), the supernatant was drained and used to determine the amount of carotenoids. Determination of the amount of carotenoids was performed in mycelium – per unit mass, g spectrophotometric (Granum 722, China) method and calculated by the modified Wettstein formula for the determination of carotenoids in fungi [WETTSTEIN, 1957].

$$C = 4,69 \times D440,5$$

where D440,5 – the optical density of the solution at wavelengths $\lambda = 440,5$ nm;

Then calculated the pigment content in the test material in terms of wet weight [MUSIENKO et al., 2001].

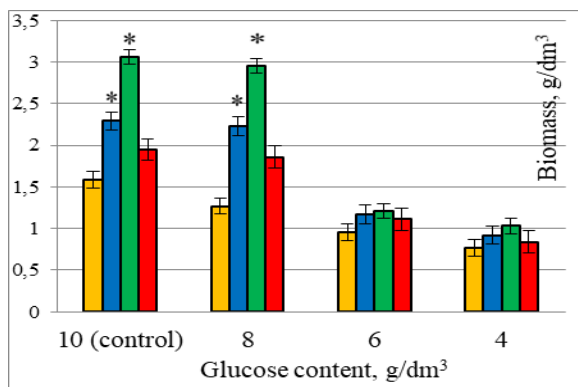
$$A = \frac{C \cdot V}{n \cdot 1000}$$

A – the content of pigments in the test sample, mg/g biomass; C – the concentration of pigment found by the Wettstein formula, mg/dm³; V – volume of extract, cm³; n – sample of the prototype, g; 1000 – coefficient for calculating the concentration of pigments per 1 cm³.

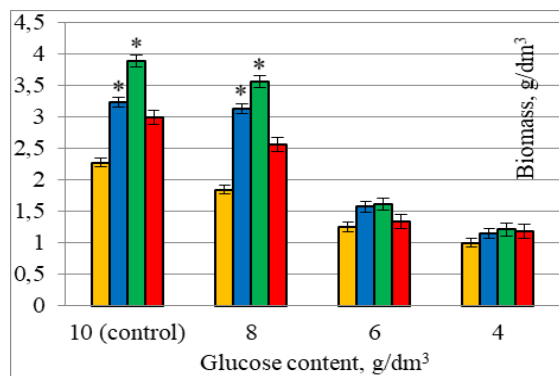
All experiments were performed in triplicate. To determine the probability of exposure to laser irradiation, the analysis of variance was used. Comparisons of average values were carried out by the method of Dunnett. Processing was carried out using a package of statistical programs created at the Department of Plant Physiology of the Vasyli' Stus Donetsk National University [PRYSEDSKYI, 2005].

Results and discussion

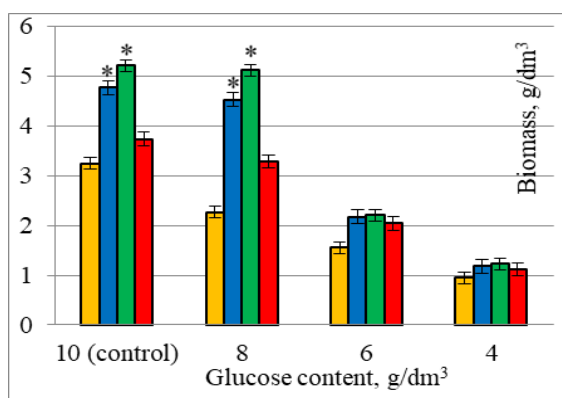
A study of the biomass accumulation in *L. sulphureus* mycelium due to irradiation at different glucose concentrations showed that for *L. sulphureus* macromycetes is most effective the use of glucose-peptone medium with a glucose concentration of 10 and 8 g/dm³ in combination with irradiation of mycelium with green light at a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²). Under the influence irradiation of mycelium with green light, the best response was observed for the Ls-18 strain – the biomass in mycelium increased from 86.7 to 93.6% in accordance with the control. For strains Ls-17 and Ls-16, the biomass increased by 56.8–71.3% and by 57.5–60.3%, respectively. Laser irradiation of mycelium with blue light at a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the number of biomass for strain Ls-18 by 86.7–93.6%, and for strains Ls-17 and Ls-16 by 56.8–58.1% and 57.5–60.3%, respectively. Irradiation with red light at a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) contributed to an increase in the number of biomass for all studied strains of the fungus *L. sulphureus* from 12.7% to 31.7%. Using a glucose-peptone medium with glucose concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of mycelium with red (wavelength 635 nm), blue (wavelength 405 nm) and green (wavelength 532 nm) light with an emission energy of 51.1 mJ/cm² no increased in the biomass of the mycelium (Fig. 1).



L.s.-18



L.s.-17



L.s.-16

Fig. 1. Accumulation of absolute dry biomass (g/dm³) in the mycelium of *Laetiporus sulphureus* strain on glucose-peptone medium at different glucose content 12 day of cultivation. ■ – without irradiation; ■ – 405 nm; ■ – 635 nm; ■ – 532 nm. Note. * – the difference is statistically significant compared to the control variant (P < 0.05).

Since there is no information in the literature on the study of light exposure for this species of fungus, respectively, we first found that laser irradiation of the mycelium affects the content of carotenoid pigments of strains of the fungus *L. sulphureus*. A study of the carotenoid accumulation in *L. sulphureus* mycelium due to irradiation at different glucose concentrations showed that for *L. sulphureus* macromycetes (strain L.s.-17) is most effective the use of glucose-peptone medium with a glucose concentration of 10 and 8 g/dm³ in combination with irradiation of mycelium with green light at a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²). Under these conditions, the carotenoid content significantly increased from 62.3 to 63.5% according to the control. Laser irradiation with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) significantly increased the carotenoid content of mycelium from 30.6 to 32%. Irradiation with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the content of carotenoids from 5.1 to 8.2%, respectively. Use of glucose-peptone medium with concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of green (wavelength 532 nm) light with irradiation energy of 51.1 mJ/cm², respectively, increased the content of carotenoids in the mycelium in insignificant values. Use of glucose-peptone medium with concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of red mycelium (wavelength 635nm), blue (wavelength 405 nm) light with irradiation energy of 51.1 mJ/cm², no increased the content of carotenoids in the mycelium (Fig. 2).

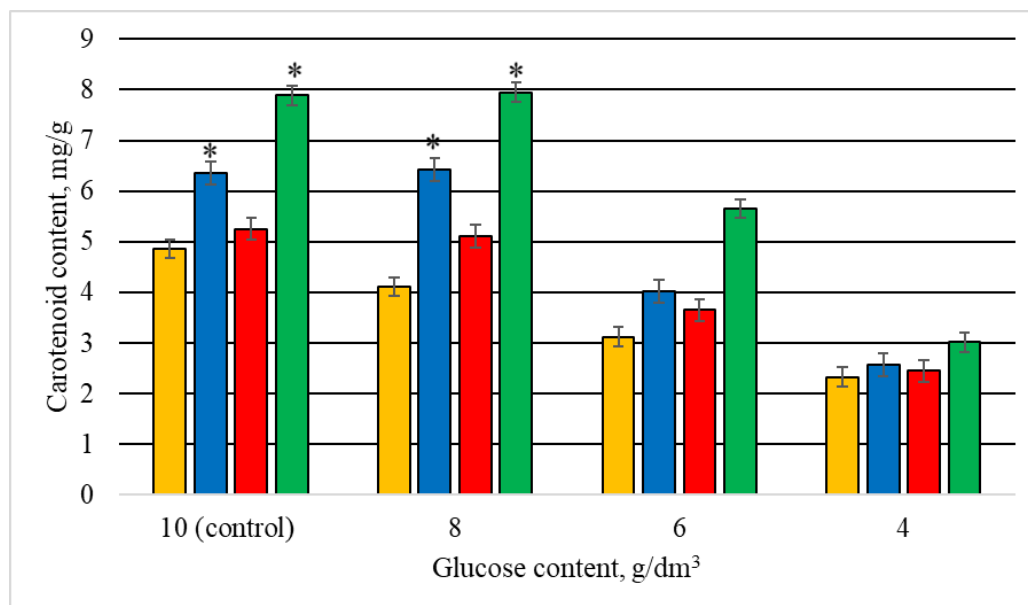


Fig. 2. The carotenoid accumulation (mg/g wet biomass) in the mycelium of L.s.-17 *Laetiporus sulphureus* strain on glucose-peptone medium at different glucose content. 12 day of cultivation. ■ – without irradiation; ■ – 405 nm; ■ – 635 nm; ■ – 532 nm. Note. * – the difference is statistically significant compared to the control variant ($P < 0.05$).

The results of our studies for the strain L.s.-16 *L. sulphureus* show that it is advisable to use glucose-peptone medium with a glucose concentration of 10 and 8 g/dm³ in combination with irradiation of the mycelium with green light wavelength 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²).

Under these conditions, the carotenoid content significantly increased from 37.1 to 61.9 % according to the control. Laser irradiation with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) significantly increased the content of mycelial carotenoids from 15 to 40.5%. Irradiation with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the carotenoid content from by 28.9%. Use of a glucose-peptone medium with glucose concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of mycelium with red (wavelength 635 nm), blue (wavelength 405 nm) and green (wavelength 532 nm) light with an emission energy of 51.1 mJ/cm² no increased in the content of carotenoids in the mycelium (Fig. 3).

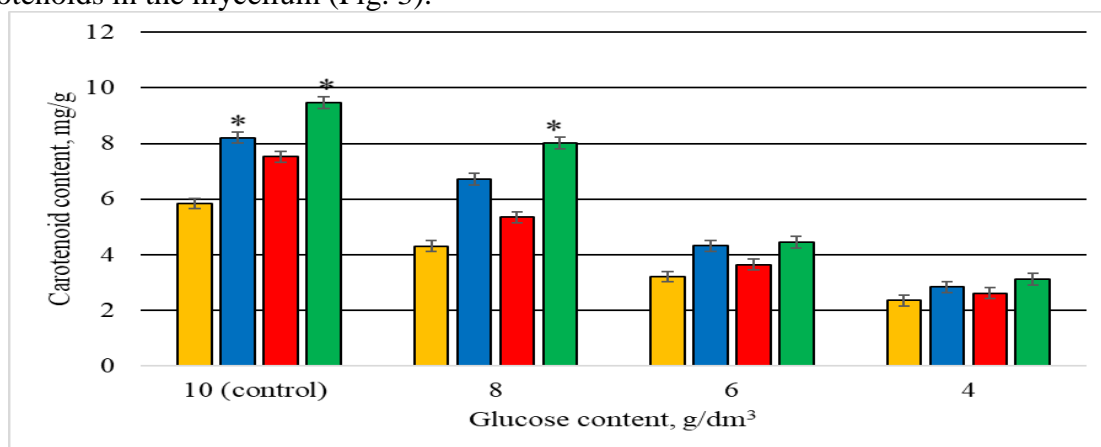


Fig. 3. The carotenoid accumulation (mg/g wet biomass) in the mycelium of strain L.s.-16 *Laetiporus sulphureus* on glucose-peptone medium at different glucose content. 12 day of cultivation. ■ – without irradiation; ■ – 405 nm; ■ – 635 nm; ■ – 532 nm. Note. * – the difference is statistically significant compared to the control variant ($P < 0.05$).

The results of our studies for the *L. sulphureus* strain L.s.-18 show that, to increase the carotenoid content, it is advisable to use a glucose-peptone medium with a glucose concentration of also 10 and 8 g/dm³ in combination with green light irradiation waves 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²). Under these conditions, the carotenoid content significantly increased from 44.8 to 66.1% according to the control. Laser irradiation with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) significantly increased the content of mycelial carotenoids from 18.1 to 46.7%. Irradiation of the mycelium with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the carotenoid content by 16.8%. Using a glucose-peptone medium with glucose concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of mycelium with red (wavelength 635 nm), blue (wavelength 405 nm) and green (wavelength 532 nm) light with an emission energy of 51.1 mJ/cm² no increased in the content of carotenoids in the mycelium (Fig. 4).

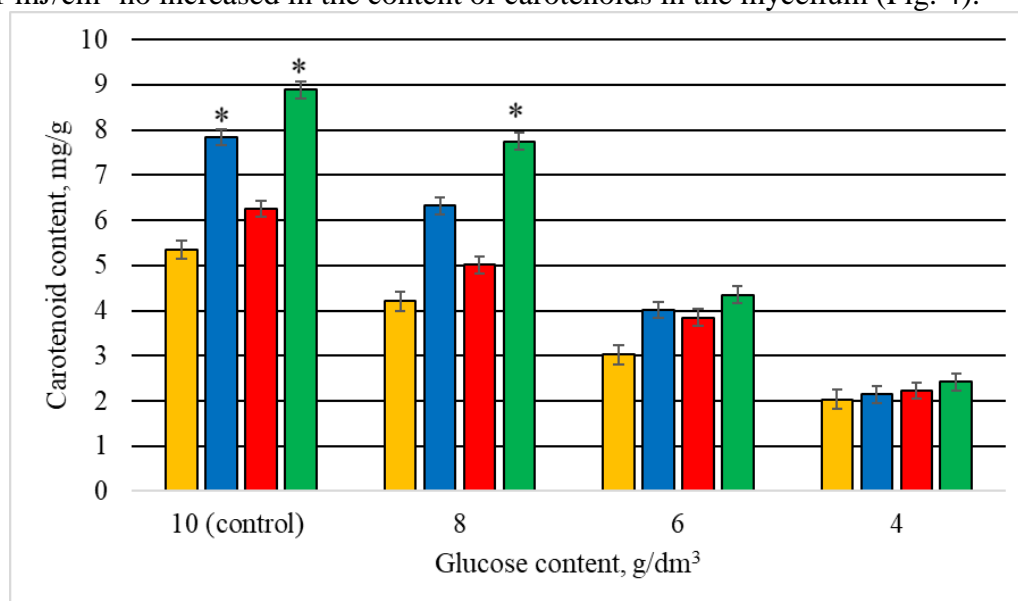


Fig. 4. The carotenoid accumulation (mg/g wet biomass) in the mycelium of strain L.s.-18 *Laetiporus sulphureus* on glucose-peptone medium at different glucose content. 12 day of cultivation. ■ – without irradiation; ■ – 405 nm; ■ – 635 nm; ■ – 532 nm. Note. * – the difference is statistically significant compared to the control variant ($P < 0.05$).

Analysis of the results of our studies for the fungus *L. sulphureus* shows that to increase the content of carotenoids it is advisable to use glucose-peptone medium with a glucose concentration of 10 and 8 g/dm³ in combination with mycelium irradiation with green light wavelength 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²). Under these conditions, the statistically significant increase in the content of carotenoids in the mycelium was found from 37.1% to 66.1%. From literary sources it is known that *L. sulphureus* macromycetes are capable of synthesizing carotenoids, mainly under the influence of light [ZHDANOVA et al., 1982]. Because carotenoids are secondary metabolites, it is possible to regulate their synthesis by changing the conditions of cultivation of producer strains, including the composition of nutrient media. It is known that to increase the accumulation of carotenoids in the mycelium of *L. sulphureus*, it is advisable to introduce into the standard glucose-peptone medium peptone in concentration of 5 g/dm³, and also proline or valine [VELYGODSKA et al., 2014]. It is also proven that the source and amount of carbon can dramatically change the biosynthetic function of fungal organisms [PIROG, 2010]. The results of our studies show the increase in carotenoid content at low glucose concentration (8 g/dm³ instead of 10 g/dm³) in combination with irradiation of the mycelium with green light with a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) is a reaction fungal organism to stressful conditions that occur due to a

decrease in the amount of carbon in the nutrient medium. As a result, there is a rapid adaptation of the fungal organism to negative changes in environmental conditions.

Conclusions

Thus, analyzing our research results, we can conclude that is most effective the use of glucose-peptone medium with a glucose concentration of 10 g/dm³ in combination with irradiation of mycelium with green light at a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²). Under the action of this irradiation regime for strain L.s.-18 the content of carotenoids in the mycelium increased by 66.1% according to the control. Laser irradiation of mycelium with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the content of carotenoids for strain L.s.-18 by 46.7%. Irradiation with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) contributed to an increase in the content of carotenoids for strain L.s.-16 of the fungus *L. sulphureus* by 28.9%. It was found that the use of glucose-peptone medium with a glucose concentration of 8 g/dm³ in combination with irradiation of the mycelium with green light with a wavelength of 532 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) was less effective. Under these conditions, the content of carotenoids in the mycelium increased for strain L.s.-17 by 62.3%. Laser irradiation of mycelium with blue light with a wavelength of 405 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) increased the content of carotenoids for strain L.s.-17 by 30.6% respectively. Irradiation with red light with a wavelength of 635 nm (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) contributed to an increase in the content of carotenoids for strain L.s.-18 of the fungus *L. sulphureus* by 16.8% respectively. For strain L.s.-16 the number of carotenoids in the mycelium no increase. The use glucose-peptone medium with glucose concentrations of 6 and 4 g/dm³ in combination with laser irradiation of mycelium with red (wavelength 635 nm), blue (wavelength 405 nm) and green (wavelength 532 nm) light with irradiation energy 51.1 mJ/cm² was no increase in the content of carotenoids in the mycelium.

References

- BECKER Z.E. (1988). *Physiology and biochemistry of fungi*. Moscow: Publishing house of Moscow University, 230 p. (in Russian)
- BISKO N.A., BUKHALO A.S., WASSER S.P., DUDKA I.A., KULESH M.D., SOLOMKO E.F., SHEVCHENKO S.V. (1983). *Higher edible basidiomycetes in surface and deep culture*. K.: Science. Dumka, 312 p. (in Russian)
- BRITTON G. (1986). *Biochemistry of natural pigments*. Per. from English Moscow: World, 442 p. (in Russian)
- BUTSENKO L.M., PENCHUK YU.M., PYROG T.P. (2010). *Technologies of microbial synthesis of drugs*. Kyiv: NUHT, 323 p. (in Ukrainian)
- CORROCHANO L.M., GARRE V. (2010). Photobiology in the Zygomycota: multiple photoreceptor genes for complex responses to light. *Fungal Genet. Biol.*, **47**: 893–899.
- DE FABO E.C., FRIEDL M.A., SCHMOLL M., KUBICEK C.P., DRUZHININA I.S. (2008). Photostimulation of *Hypocrea atroviridis* growth occurs due to a crosstalk of carbon metabolism, blue light receptors and response to oxidative stress. *Microbiology*, **154**: 1229–1241.
- DUDKA I.A., WASSER S.P., ELLANSKAYA I.A. (1982). *Methods of experimental mycology*. Reference. Kyiv: Scientific opinion, 561 p. (in Russian)
- ELDAHSHAN O.A., SINGAB A.N. (2013). Carotenoids. *J. Pharmacogn. Phytochem.* **2**(1): 225–234.
- FEDOTOV O.V. (2007). Wood-destroying fungi as bio-sources of ferments for medicinal and nutritional purposes. Plant and microbial enzymes: Isolation, characterization and biotechnology applications. *Myza, Tbilisi*, 125–131.
- FROEHLICH A.C., NOH B., VIERSTRA R.D., LOROS J., DUNLAP J.C. (2005). Genetic and molecular analysis of phytochromes from the filamentous fungus *Neurospora crassa*. *Eukaryot. Cell.*, **4**: 2140–2152.
- FULLER K.K., LOROS J.J., DUNLAP J.C. (2015). Fungal photobiology: visible light as a signal for stress, space and time. *Curr Genet.*, **61**: 275–288.
- GESSLER N.N., SOKOLOV A.V., BYKHOVSKY V.YA., BELOZERSKAYA T.A. (2002). Superoxide dismutase and catalase activity in *Blakeslea trispora* and *Neurospora crassa* karatinoid-synthesizing fungi under conditions of oxidative stress. *Applied Biochemistry and Microbiology*, **8** (3): 237–242. (in Russian)
- GESSLER N.N., OKOLOV A.B., BELOZERSKAYA T.A. (2003). Participation of β -carotene in the antioxidant protection of the fungal cell. *Applied Biochem. and Microbiol.*, **39** (4): 427–429. (in Russian)

- GESSLER N.N., LEONOVICH O.A., RABINOVICH M.YA. (2006). A comparative study of the components of antioxidant defense during the growth of wild-type mycelium *Neurospora crassa* and mutants white color – 1 and white color – 2. *Applied Biochemistry and Microbiology.*, **42** (3): 332–337. (in Russian)
- GOODWIN T.W. (1980). The Biochemistry of carotenoids. *Plants. Chapman & Hall, London*, 1: 315 p.
- KAMADA T., SANO H., NAKAZAWA T., NAKAHORI K. (2010). Regulation of fruiting body photomorphogenesis in *Coprinopsis cinerea*. *Fungal Genet Biol.*, **47**(11): 917–921.
- KARNAUKHOV V.I. (1986). *Biological functions of carotenoids*. Moscow: Nauka, 223 p. (in Russian)
- KRITSKIY M.S., TELEGINA T.A., VECHTOMOVA Y.L., KOLESNIKOVA M.P., LYUDNIKOVA T.A., GOLUB O.A. (2010). Photoexcited molecules of flavin and pterin coenzymes in evolution. *Biochemistry.*, **75**(10): 1348–1366.
- MUSIENKO M.M., PARSHIKOVA T.V., SLAVNYI P.S. (2001). *Spectrophotometric methods in the practice of physiology, biochemistry and plant ecology*. Kyiv: Fitosotsiocenter, 200 p. (in Russian)
- PIROG T.P., BUTSENKO L.M., PENCHUK Y.M. (2010). *Technologies of microbial synthesis of drugs*: Textbook. way. Kyiv: NUHT, 323 p. (in Ukrainian)
- POYEDYNOK N.L. (2013). The Use of artificial light in mushroom cultivation biotechnologies. *Biotechnology Acta*, **6**(6): 58–70.
- POYEDYNOK N.L. (2015). *Biotechnological basis of intensification cultivation of edible and medicinal macromycetes with low light intensity*. DSc thesis. Kyiv: Institute of Food Biotechnology and genomics. (in Russian)
- PYROG T.P., IHNATOVA O.A. (2009). *General biotechnology [Electronic resource]: textbook*. Kyiv: NUHT, 336 p. (in Ukrainian)
- PRYSEDSKYI Y.G. (2005). *Software package for statistical processing of the results of the biological experiments*. Donetsk, 84 p. (in Ukrainian)
- RIBEIRO B., GUEDES DE PINHO P., ANDRADE P.B., OLIVEIRA C., CÉSAR A., FERREIRA S., BAPTISTA P., VALENTÃO DO P. (2011). Bioactive Carotenoids Contribute to the Color of Edible Mushrooms? *The Open Chemical and Biomedical Methods Journal*, **4**: 14–18.
- SAAKOV V.S. (2003). Alternative pathways of carotenoid biosynthesis in Procaryota and Eucaryota. *Dokl. Academy of Sciences of Russia.*, **392**(6): 825–831.
- VELYGODSKA A.K., FEDOTOV O.V., PETREEVA A.S. (2014). Effect of nitrogen nutrition sources on carotenoids synthesis for some basidiomycetes strains. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, **4**(1): 22–34 (in Ukrainian).
- VELYGODSKA A.K., FEDOTOV O.V. (2016). Obtaining and analysis of carotenoid preparations of some strains of xylotrophic basidiomycetes. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, **4** (2): 290–294. (in Ukrainian)
- WETTSTEIN D. (1957). Chlorophyll-letale und der submikroskopische Formweschsel der Plastiden. *Exp Cell Res.*, **12**(3): 427–506.
- YU Z., FISCHER R. (2019). Light sensing and responses in fungi. *Nature Reviews Microbiology*, **17**(1): 25–36.
- ZHDANOVA N.N., VASILEVSKAYA A.I. (1982). *Extreme ecology of mushrooms in nature and experiment*. Kiev: Naukova Dumka, 168 p. (in Russian)

ISSN 1990–553X
e-ISSN 2308–9628

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЧОРНОМОРСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Науковий журнал

Том 16

№ 4

2020

Автори несуть відповідальність за зміст статей, достовірність отриманих результатів та їх відповідність до норм чинного законодавства, моралі та етики.

Позиція редколегії може не збігатися з думками авторів статей.

Видання було здійснено за кошти шведсько–українського проекту «Як був переможений Схід: на шляху до екологічної історії Євразійських степів» (2013–2018 pp.)

Authors are responsible for the articles' content, the reliability of the results and their compliance with the current legislation, morality and ethics.

The position of the Editorial Board may not coincide with the authors' views.

Print were sponsored by Swedish–Ukrainian project «How the East was Won: Towards an environmental history of the Eurasian Steppe» (2013–2018).

Технічний редактор

Фоменко С.А.

Контент–менеджер

Клименко В.М.

Підписано до друку 22.12.2020.

Формат 60×84/8. Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк.11,16. Наклад 110. Зам. №

Видавець і виготовлювач

Херсонський державний університет.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ХС № 69 від 10 грудня 2010 р.
73000, Україна, м. Херсон, вул. Університетська, 27. Тел. (0552) 32–67–95.