ISSN 2415-8860 (online)
ISSN 0372-4123 (print)
2024 Vol. 81 No. 6 (485)

UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

A JOURNAL FOR BOTANY & MYCOLOGY

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ



UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL is a scientific journal publishing articles and contributions on all aspects of botany and mycology, including general issues, taxonomy, floristics, vegetation science, ecology, evolutionary biology, geography, history of flora and vegetation as well as morphology, anatomy, physiology, biochemistry, cell and molecular biology of plants and fungi.

Publication languages: English and Ukrainian

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ публікує статті з усіх напрямів ботаніки та мікології, в тому числі із загальних питань, систематики, флористики, геоботаніки, екології, еволюційної біології, географії, історії флори та рослинності, а також морфології, анатомії, фізіології, біохімії, клітинної та молекулярної біології рослин і грибів.

Статті друкуються англійською та українською мовами

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief
Sergei L. MOSYAKIN

Associate Editors
Ganna V. BOIKO
Vera P. HAYOVA

Dirk C. ALBACH (Oldenburg, Germany)
Illya I. CHORNEY (Chernivtsi, Ukraine)
Peter J. de LANGE (Auckland, New Zealand)
Yakiv P. DIDUKH (Kyiv, Ukraine)
Dmytro V. DUBYNA (Kyiv, Ukraine)
Mykola M. FEDORONCHUK (Kyiv, Ukraine)
Zigmantas GUDŽINSKAS (Vilnius, Lithuania)
Vasyl P. HELUTA (Kyiv, Ukraine)
Bogdan JACKOWIAK (Poznan, Poland)
Jürgen KELLERMANN (Adelaide, Australia)
Olexander E. KHODOSOVTSEV (Kherson, Ukraine)
Sergey Y. KONDRATYUK (Kyiv, Ukraine)
Iryna V. KOSAKIVSKA (Kyiv, Ukraine)
Karol MARHOLD (Bratislava, Slovakia)
Eviatar NEVO (Haifa, Israel)
Peter RAVEN (St. Louis, USA)
Myroslav V. SHEVERA (Kyiv, Ukraine)
Natalia M. SHYIAN (Kyiv, Ukraine)
Maryna M. SUKHOMLYN (Kyiv, Ukraine)
Susumu TAKAMATSU (Tsu, Japan)
Filip VERLOOVE (Meise, Belgium)
Oxana M. VYNOGRADOVA (Kyiv, Ukraine)
Solomon P. WASSER (Haifa, Israel)
Olena K. ZOLOTAREVA (Kyiv, Ukraine)

Editorial Assistant
Mariya D. ALEINIKOVA

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор
Сергій Л. МОСЯКІН

Заступники головного редактора
Ганна В. БОЙКО
Віра П. ГАЙОВА

Дірк К. АЛЬБАХ (Ольденбург, Німеччина)
Ілля І. ЧОРНЕЙ (Чернівці, Україна)
Пітер Дж. де ЛАНГЕ (Окленд, Нова Зеландія)
Яків П. ДІДУХ (Київ, Україна)
Дмитро В. ДУБИНА (Київ, Україна)
Микола М. ФЕДОРОНЧУК (Київ, Україна)
Зігмантас ГУДЖИНСКАС (Вільнюс, Литва)
Василь П. ГЕЛЮТА (Київ, Україна)
Богдан ЯЦКОВЯК (Познань, Польща)
Юрген КЕЛЛЕРМАНН (Аделаїда, Австралія)
Олександр Є. ХОДОСОВЦЕВ (Херсон, Україна)
Сергій Я. КОНДРАТЮК (Київ, Україна)
Ірина В. КОСАКІВСЬКА (Київ, Україна)
Кароль МАРГОЛЬД (Братислава, Словаччина)
Евіатар НЕВО (Хайфа, Ізраїль)
Пітер РЕЙВЕН (Сент-Луїс, США)
Мирослав В. ШЕВЕРА (Київ, Україна)
Наталія М. ШИЯН (Київ, Україна)
Марина М. СУХОМЛИН (Київ, Україна)
Сусуму ТАКАМАЦУ (Цу, Японія)
Філіп ВЕРЛООВ (Мейсе, Бельгія)
Оксана М. ВИНОГРАДОВА (Київ, Україна)
Соломон П. ВАССЕР (Хайфа, Ізраїль)
Олена К. ЗОЛОТАРЬОВА (Київ, Україна)

Відповідальний секретар
Марія Д. АЛЕЙНІКОВА

Front cover: Young leaves of *Chenopodium ucrainicum* with the golden-pink mealy indumentum: Nyvky Park, Kyiv City, 30 May 2023 (see the article by Shynder et al. on pages 389–407 in this issue).

Photo by © Sergei Mosyakin

На обкладинці: Молоді листки *Chenopodium ucrainicum* із золотисто-рожевим борошнистим нальотом: парк "Нивки", Київ, 30 травня 2023 р. (див. статтю Шиндера та ін. 389–407 у цьому номері).

Фото © Сергій Мосякін

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
M.G. KHOLODNY INSTITUTE OF BOTANY OF THE NAS OF UKRAINE

UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2024
Vol. 81
6 (485)

PUBLISHED BIMONTHLY
SCIENTIFIC JOURNAL
FOUNDED IN 1921
KYIV

CONTENTS

Plant Taxonomy, Geography and Floristics

SHYNDER O.I., PASHKEVYCH N.A., KHARYTONOVA I.P., HOLOVKO O.V., MANDÁK B., MOSYAKIN S.L. The enigmatic diploid *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.): geographical, ecological, and phytosociological patterns as clues to its origin 389

SHIYAN N.M. Epitypification of the Linnaean name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*), *Araceae* 408

Red Data Book of Ukraine

CHORNA H.A., SHYNDER O.I., BAGATSKA T.S. *Subularia aquatica* (*Brassicaceae*), a phantom species of the Ukrainian flora 415

SUKHOMLYN M.M., PASAILIUK M.V., FONTANA N.M. New records of a rare fungus *Tricholoma focale* (*Agaricales*) in Ukraine 424

Mycological Records

PRYDIUK M.P. New for Ukraine representatives of the genera *Bolbitius* and *Conocybe* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*) 433

ЗМІСТ

Систематика, флористика, географія рослин

ШИНДЕР О.І., ПАШКЕВИЧ Н.А., ХАРИТОНОВА І.П., ГОЛОВКО О.В., МАНДАК Б., МОСЯКІН С.Л. Загадковий диплоїд *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.): географічні, екологічні та фітосоціологічні особливості як свідчення його походження 389

ШИЯН Н.М. Епітипіфікація ліннеївської назви *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*), *Araceae*. 408

Червона книга України

ЧОРНА Г.А., ШИНДЕР О.І., БАГАЦЬКА Т.С. *Subularia aquatica* (*Brassicaceae*) — фантомний вид флори України 415

СУХОМЛИН М.М., ПАСАЙЛЮК М.В., ФОНТАНА Н.М. Нові знахідки рідкісного гриба *Tricholoma focale* (*Agaricales*) в Україні 424

Мікологічні знахідки

ПРИДЮК М.П. Нові для України представники родів *Bolbitius* і *Conocybe* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*) 433

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024

Biotechnology, Physiology and Biochemistry

KOSAKIVSKA I.V., VASYUK V.A., SHCHERBATIUK M.M., VOYTENKO L.V., ROMANENKO K.O. Impact of exogenous zeatin on the growth, pigment complex and capacity of sporophytes of *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) for biological extraction of zinc from the water 443

Author guidelines 454

Index of articles published in the *Ukrainian Botanical Journal* in 2024 460

Біотехнологія, фізіологія, біохімія

КОСАКІВСЬКА І.В., ВАСЮК В.А., ЩЕРБАТЮК М.М., ВОЙТЕНКО Л.В., РОМАНЕНКО К.О. Вплив екзогенного зеатину на ріст, пігментний комплекс і здатність спорофітів *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) до біологічного вилучення іонів цинку із водного середовища 443

Правила для авторів 454

Покажчик статей, опублікованих в *Українському ботанічному журналі* у 2024 році 460

ДО УВАГИ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ

Передплата *Українського ботанічного журналу* з 1 січня 2025 р. буде здійснюватися тільки через Передплатне агентство **"Укрінформнаука"**.

Для оформлення передплати необхідно зайти на сайт Передплатного агентства "Укрінформнаука" або скопіювати покликання https://u-i-n.com.ua/ua/ та зайти за ним, перейти в розділ Каталог, вибрати журнал (сторінка 13) і заповнити бланк-замовлення. Під час заповнення бланку-замовлення просимо уважно заповнювати всі його пункти. Вам надійде відповідь з Передплатного агентства "Укрінформнаука".

Якщо Ви вже оформлювали бланк-замовлення і не отримали відповідь, то, будь-ласка, надійшліть його повторно на нову адресу агентства ukrinformnauka@gmail.com, оскільки стара адреса innovation@nas.gov.ua вже не актуальна.

Approved by the Academic Council of the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
(Resolution No. 16 of 17 December 2024)

Editorial office address: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

Tel.: +380 44 235 4182
E-mail: *secretary_ubzh@ukr.net*
Web: https://ukrbotj.co.ua

Media ID (ідентифікатор медіа): R30-03012. Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine of 21.03.2024 No. 890

Technical editor O.Ye. Bondarenko

Layout D.S. Reshetnykov

Submitted for printing on 30.12.2024. Format 84 × 108/16. Typeface. Minion Pro
Conventional printed sheets 7,98. Physical printed sheets 10,10. Circulation 127 copies. Order no. 7560

Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine
4 Tereschenkivska Str., Kyiv 01024, Ukraine

Certificate of entry to the State Register of Publishing Agents
series ДК No. 544 of 27.07.2001

PLANT TAXONOMY, GEOGRAPHY AND FLORISTICS
СИСТЕМАТИКА, ФЛОРИСТИКА, ГЕОГРАФІЯ РОСЛИН

https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.389
RESEARCH ARTICLE

The enigmatic diploid *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.): geographical, ecological, and phytosociological patterns as clues to its origin

Oleksandr I. SHYNDER [1*], Natalia A. PASHKEVYCH [2], Iryna P. KHARYTONOVA [1], Oksana V. HOLOVKO [3], Bohumil MANDÁK [4, 5], Sergei L. MOSYAKIN [2]

[1] M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 1 Sadovo-Botanichna Str., Kyiv 01014, Ukraine
[2] M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine
[3] Derman-Ostroh National Nature Park, Nezalezhnosti Avenue 9, Ostroh, Rivne Region 35800, Ukraine
[4] Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamycka 129, Praha-Suchdol 165 00, Czech Republic
[5] Institute of Botany, Czech Academy of Sciences, Zámek 1, Průhonice CZ-252 43, Czech Republic

* Author for correspondence: *shinderoleksandr@gmail.com*

Abstract. *Chenopodium ucrainicum* Mosyakin & Mandák (*Chenopodiaceae*/*Amaranthaceae* s. l.), a newly described diploid species currently known only from Ukraine, is a distinctive yet still enigmatic element of the Ukrainian flora. This study provides a detailed account of its presently known geographical distribution, ecological preferences, and phytosociological features, plus some further information of its morphology, based on field surveys conducted during 2021–2024 across central and western regions of Ukraine. Our fieldwork targeted synanthropic habitats, including roadsides, ruderal zones, forest edges, and undercanopy areas within anthropogenic forests and urban parks. The known range of *C. ucrainicum* is fragmented, with major population clusters in the Dnipro Upland, Male Polissia, and the Podillian Upland. The distribution pattern indicates its primary occurrence in synanthropic environments with moderate moisture levels, and its presence in disturbed habitats suggests its likely status as an alien species in Ukraine. Observations also noted its high projective coverage in plant communities associated with *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia*, where *C. ucrainicum*, if present, frequently plays a dominant role among species of the herbaceous layer. A new association, *Chenopodio ucrainicae-Aceretum negundi* ass. nov., is proposed, highlighting the diagnostic value of *C. ucrainicum* in ruderal and other anthropogenic plant communities. Ecologically, *C. ucrainicum* is classified as a mesophyte with a long vegetation period, making it well-suited to warmer climates with extended growing seasons. Its phenological pattern and tolerance to low temperatures point to its supposed origin in and spread from regions with similar climatic conditions. Although the species exhibits high adaptability within its current range, which corresponds to the recent warming climatic trends in Ukraine, its absence in historical records in herbaria supports the hypothesis that *C. ucrainicum* is a relatively recent immigrant in Ukraine. Its native range may lie in temperate or subtropical regions of southern or southeastern Asia, where other genetically diverse *Chenopodium* species are present. Continued research, including molecular phylogenetic and phylogeographic studies, will be essential for confirming its actual geographic origin and the evolutionary role within the *Chenopodium album* allopolyploid complex. This study contributes valuable insights into the distribution patterns and ecological characteristics of *C. ucrainicum*, highlighting its probable status as an expanding neophyte in the flora of Ukraine, influenced by climate change and anthropogenic factors.

Keywords: biodiversity, *Chenopodium album* complex, climate change, flora, range expansion, taxonomy, Ukraine

ARTICLE HISTORY. Submitted 15 November 2024. Revised 23 December 2024. Published 28 December 2024

CITATION. Shynder O.I., Pashkevych N.A., Kharytonova I.P., Holovko O.V., Mandák B., Mosyakin S.L. 2024. The enigmatic diploid *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.): geographical, ecological, and phytosociological patterns as clues to its origin. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(6): 389–407. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.389

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introduction

Recent molecular phylogenetic studies (Fuentes-Bazan et al., 2012; Walsh et al., 2015, etc.) resulted in a considerable re-circumscription of the Linnaean genus *Chenopodium* L. sensu lato (*Chenopodiaceae* sensu stricto / *Amaranthaceae* sensu lato). Several genera segregated from *Chenopodium* s. l. are now recognized, such as *Dysphania* R. Br. (incl. *Cycloloma* Moq., etc.; see Mosyakin, Clemants, 2002, 2008; Uotila et al., 2021; Mosyakin, 2021, etc.), *Teloxys* Moq., *Oxybasis* Kar. & Kir. (see Mosyakin, de Lange, 2018; Uotila, 2022, and references therein), *Blitum* L., *Chenopodiastrum* S. Fuentes, Uotila & Borsch (see Uotila, 2017, 2020), and *Lipandra* Moq. At the same time, some previously recognized genera, such as *Rhagodia* R. Br. and *Einadia* Raf., are now submerged in *Chenopodium* s. str. based on phylogenetic evidence (Fuentes-Bazan et al., 2012; Mosyakin, Iamonico, 2017, etc.).

The newly re-circumscripted *Chenopodium* s. str. is probably the most phylogenetically and taxonomically complicated group among the genera recognized after the recent splitting of *Chenopodium* s. l. The evolutionary pathways involving widespread hybridization and allopolyploidy (see Mandák et al., 2012, 2018; Walsh et al., 2015; Krak et al., 2016; Young et al., 2023; Maughan et al., 2024, etc.) contributed to an extremely complicated pattern of phylogenetic relationships, which are difficult to reflect in a reliable taxonomic scheme. Diploid species are of special importance in that phylogenetic pattern because they contain genomes that contributed to the formation of allopolyploid taxa, mainly tetraploids and hexaploids, including the tetraploid pseudocereal crop species *C. quinoa* Willd. (see Young et al., 2023; Maughan et al., 2024, and references therein) and one of the most noxious weeds of the world, hexaploid *Chenopodium album* L. and its closest relatives (see Beaugé, 1974; Mandák et al., 2012, 2018; Krak et al., 2016, etc.).

Chenopodium ucrainicum Mosyakin & Mandák is a recently described diploid species known so far only from the territory of Ukraine (Mosyakin, Mandák, 2020a; Mosyakin, Mosyakin, 2021; Orlov et al., 2022; Shynder, Shevchyk, 2022; Habibi et al., 2023). Until recently, information about its geographic range and features of habitats remained little known. This provided an impetus for the present study of the general distribution and ecological and phytosociological (coenotic) peculiarities of *C. ucrainicum*, which continues to remain a rather mysterious element in the flora of Ukraine and of Europe in general.

The aim of the present work was to gather and summarize the available information on the current geographic range of *C. ucrainicum* and to reveal ecological and coenotic features of its habitats, as well as to evaluate available evidence on its probable origin.

Study history

Chenopodium ucrainicum was described as a species new for science in 2020 based on the results of a complex multi-year study of closely related taxa of the *Chenopodium album* aggregate in the floras of Europe and North America (Mosyakin, 1996b, 2012; Clemants, Mosyakin, 2003; Mosyakin, Mandák, 2020a). However, the first samples of *C. ucrainicum* were collected by Sergei Mosyakin much earlier, in 1989, in Hrebinky (alternatively transliterated as Grebinky), Bila Tserkva District (formerly Vasylkiv District), Kyiv Region. The plants were discovered in shady places in a small park and adjacent ruderal habitats near the Kyiv–Odesa highway, not far from a grain elevator. It was evident already in the early 1990s that this *Chenopodium* plant represented a species morphologically different from all other species of the genus known in Ukraine. The proximity of an elevator and a major highway indicated the possible introduction of an alien plant. Consequently, the main task seemed to be to match the newly found plants with some species already known from other area(s) of the Globe. Suggestions were made on possible identifications of these plants as *C. missouriense* Aellen or *C. borbasii* Murr (see Mosyakin, 1996b, 2012); however, they have not been confirmed and it is now evident that the Ukrainian plants do not belong to these two mentioned taxa. In the following years, repeated collections of *C. ucrainicum* were made in the same locality or nearby (Mosyakin, Mandák, 2020a; Mosyakin, Mosyakin, 2021).

Later, in 2003, the plants of *C. ucrainicum* were collected by Liubov Gubar in the northwestern part of Ukraine in Ostroh (sometimes alternatively transliterated as Ostrog), Rivne Region. In recent years, one of us (S. Mosyakin) discovered this species in additional localities in Kyiv City: in Nyvky Park in the western part of the city and along Zagorska (formerly Baggovutivska) Street

in the Tatarka historical neighborhood in the northwestern part of Kyiv. The location from Tatarka became the *locus classicus* of the newly described species, *C. ucrainicum*, and the specimen in the KW herbarium (mounted on four sheets: KW001003108, KW001003109, KW001003110, and KW001003111) was designated as the holotype (Mosyakin, Mandák, 2020a).

At the time of the first description of *C. ucrainicum* it has been already known that this species is diploid and that it is not conspecific with any other species of *Chenopodium* known in Ukraine or adjacent countries (Mosyakin, Mandák, 2020a). Recent karyological and molecular studies of *C. ucrainicum* confirmed that this species has the 'BB' genome and is well differentiated from other closely related species, in particular, BB-diploids *C. suecicum* Murr and *C. ficifolium* Sm. (Habibi et al., 2023). Species with the 'BB' genome played an important role in the evolution of several allopolyploid taxa, in particular, the widespread hexaploid weed *C. album* s. str. and its close hexaploid and tetraploid relatives (see Walsh et al., 2015; Krak et al., 2016; Mandák et al., 2018). Morphologically, the closest species remains *C. suecicum* (but some leaves of *C. ucrainicum* are more similar to leaves of some forms of *C. ficifolium*), which is, however, very well genetically differentiated and rather well morphologically distinguished from our species.

In 2020, Sergei Mosyakin and Andrii Mosyakin discovered an additional locality of *C. ucrainicum* in Salyvonky, Bila Tserkva District (formerly Vasylkiv District), Kyiv Region, quite close to the first known localities in the same district (Mosyakin, Mosyakin, 2021). In 2021 and 2022, numerous new localities of *C. ucrainicum* were discovered in Cherkasy, Kyiv, Rivne, Vinnytsia, and Zhytomyr Regions (Orlov et al., 2022; Shynder, Shevchyk, 2022). It has become clear that *C. ucrainicum* is rather widespread in the central part of Ukraine, at least much more widespread than it was supposed earlier based on the initially known localities. It is also now obvious that the geographical distribution of this species is not continuous. On the other hand, a number of preliminary suggestions about several other possible occurrences of this species in Ukraine and Central and Western Europe (Mosyakin, Mandák, 2020a) have not yet been confirmed.

Until now, the alien *versus* native status of *C. ucrainicum* in the flora of Ukraine remains unclear. The pattern of distribution of the species in Ukraine and its synantropic habitats there may indicate that *C. ucrainicum* is actually alien in Europe, but in that case its primary range is still unknown. The peculiar late-season development and the leaf shape somewhat similar to that of some Asian morphotypes of *C. ficifolium* may suggest some links of *C. ucrainicum* with plants occurring in East and Southeast Asia (Mosyakin, Mandák, 2020a, 2020b). The lack of sufficient information about the new species contributed to a special study of its range and habitat characteristics and became the impetus and basis for this publication.

Materials and Methods

Field surveys were conducted in 2021–2024 in the territory of the plain part of Ukraine, in Cherkasy, Khmelnytsky, Kyiv, Rivne, Vinnytsia, and Zhytomyr administrative regions (Oblasts), and Kyiv City, specifically with radial route expedition studies carried out around the two centers of occurrence of *C. ucrainicum* known in 2021 (southern outskirts of Kyiv City, Kyiv Region, and Ostroh, Rivne Region). Special attention was paid to plants that corresponded to the description of *C. ucrainicum* (Mosyakin, Mandák, 2020a) or were morphologically similar to it, and to collecting them for their further more precise identification. The list of verified localities is provided in Supplement S1. Samples of plants of *C. ucrainicum* from different localities are deposited in the National Herbarium of Ukraine of the M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine (KW; herbarium acronyms follow *Index Herbariorum*: Thiers, 2009–onward) and the herbarium of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (KWHA). Photographs of plants from most habitats are presented at the *iNaturalist* online resource (https://www.inaturalist.org/observations?taxon_id=1318362), and a large part of this information is duplicated at the GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*) resource (https://www.gbif.org/uk/species/11197744).

The phytosociological studies have been performed according to the Braun-Blanquet approach (Braun-Blanquet, 1964; van der Maarel, 1979, etc.). Thirty-four phytosociological relevés were made in various habitats (Didukh et al., 2011), such as antropogenic forests, forest edges, ruderal places, etc. (Supplement S2); they were stored in the phytosociological database format of the *Turboveg* software

package (Hennekens, Schaminée, 2001). Most of these relevés (about 60%) were made on the standard 3–5 m² plots, for the forest vegetation — 100 m². The taxonomy and nomenclature of vascular plant species in phytosociological relevés were harmonised according to the *Plants Of the World Online* (POWO, 2024–onward), with a few taxonomic updates. The diagnostic value of the species was assessed using the Phi coefficient based on the fidelity concept (Chytrý et al., 2002). Soil samples were taken at the end of the growing season from eight biotopes where optimal conditions for the growth and development of *C. ucrainicum* plants were observed (Supplement S3). They were prepared according to the method of H. Rinkis and V. Nollendorf (Rinkis, Nollendorf, 1982). Methods of agrophysical and agrochemical analysis of soil samples were used for the extraction of macro- and microelements (Zaimenko, 2021), and their further content was determined on an ICAP 6300 DUO induced plasma spectrometer (Thermo Fisher Scientific Inc., USA). The acidity of soil samples was measured using a pH-meter H1 2211 (Hanna Instruments, Italy).

Results

Notes on morphology

A detailed morphological description of *Chenopodium ucrainicum* is provided by Mosyakin and Mandák (2020a). Here we provide some additional notes on its morphology based on field observations and herbarium specimens that have become available after the publication of the protologue.

Chenopodium ucrainicum plants are quite polymorphic, depending on the conditions of the place of growth and the phase of vegetative and generative development. Because of that, in some cases, difficulties may arise with identification of this taxon *in situ*, in particular when distinguishing it from *C. album*, *C. opulifolium* Schrad. ex W.D.J. Koch & Ziz, and/or *C. suecicum*. Anyway, *C. ucrainicum* is a genetically isolated species that has well-defined morphological features. It is usually a rather slender and fragile plant that can sometimes grow up to 2 m tall (under most favorable conditions); however, usually the plants are much smaller, up to 1 m tall. Fully developed plants are usually glabrous or nearly so, almost devoid of the mealy indumentum formed by vesicular trichomes, but the remnants of that mealy indumentum are usually present on young shoots, lower sides of leaves, and generative organs. The leaves are thin and mostly light green above, and sometimes whitish- or bluish-green below. The middle cauline leaves are mainly more or less distinctly three-lobed, often with a generally rectangular outline (the lateral edges of the central lobe are usually parallel); the length to width ratio is usually 1.2–2:1, rarely 1:1, but in the latter case the plants always have also more elongated leaves. The edge of the leaf blade is from entire or subentire to peculiarly erose and notched, the teeth are normally rounded or obtuse, rarely acute or slightly acuminate. On well-developed cauline leaves, the teeth are obtuse, often double, with rounded notches between the lobes and teeth that frequently extend beyond 180–200°, creating an arc larger than a semicircle (Fig. 1); as far as we know, this feature is not characteristic of other *Chenopodium* species of the East European flora. It should be noted that although the teeth on the leaves have variable apices (rounded, obtuse, or subacute or even subacuminate), the empty spaces (notches) between individual teeth on the leaf blade are almost exclusively rounded in shape. Cauline leaves above the middle of the stem (and, in less developed plants, sometimes also in the lower part) have reduced lateral lobes and often entire or subentire margins; the general shape of such leaves varies from rectangular to elongate-ovate, with acute apices or sometimes with a slightly mucronate apex, having a short and weak mucro up to 1 mm long. The upper cauline leaves, which develop during the flowering period, are elongate-ovate to lanceolate, mostly entire or subentire at margins, mainly rounded or obtuse at the apex, rarely obtuse-triangular, but often with a small mucro. Inflorescences are normally thin, moniliform. At the end of the flowering period, their axes are usually greatly elongated and partially drooping, due to which the plants acquire a sprawling habit.

Young plants of *C. ucrainicum* are often characterized by the golden-pink or pinkish-red (anthocyanin) shade of the mealy indumentum on growing young leaves (Fig. 2). However, similar coloration patterns are also found occasionally in other species of the genus (e.g., *C. betaceum* Andrz., *C. giganteum* D. Don).

Phenology

Under the conditions of Kyiv City, first seedlings of *Chenopodium ucrainicum* usually appear from the beginning of April. Flowering occurs at the end of

August–September, and the vegetation period lasts until late autumn (in 2020–2021 and 2024 until the middle or end of November, with some plants still with green leaves at the beginning of December), although in some populations the vegetation period ends already at the end of October, especially under dry weather conditions. According to available records, the complete vegetation period of this plant species is about 190–230 days. In general, the phenological phases of flowering and fruiting of *C. ucrainicum* occur 1–2 months later as compared to other species of the *Chenopodium album* aggregate present in the Ukrainian flora. It also helps to identify these plants *in situ*, sometimes even from the distance. Also, such a sharply different duration of vegetation confirms the significant biological isolation of *C. ucrainicum* from other closely related diploid species of the genus, such as *C. ficifolium* or *C. suecicum*, which usually flower and bear fruits earlier, mainly in July–early September (Mosyakin, Mandák, 2020a).

A rather high tolerance of *C. ucrainicum* to low temperatures should also be noted. According to the observations of Sergei Mosyakin for several years in Kyiv (Mosyakin, Mandák, 2020a, and unpublished data), this plant species fully completes its vegetation and fruiting in the late autumn period after the onset of night frosts. Moderately low temperatures (several degrees below 0 °C on the ground), which are currently sometimes observed in the study area in late October and November, normally do not lead to freezing of leaves of these plants.

Distribution

According to the results of our inventory of information on the distribution pattern of *Chenopodium ucrainicum* (Supplement S1), more than 200 locations are now known in approximately 95 separate geographical places (localities) in seven administrative regions (*oblasts*) of Ukraine (Fig. 3).

Most of the newly found locations of *C. ucrainicum* were discovered in 2021 and 2022 during field surveys. Most of the localities of *C. ucrainicum* known at the beginning of the study were located in Kyiv City and its southern suburbs, so it was from here that a number of radial field excursions were carried out in different directions. The search for *C. ucrainicum* was successful only in the southern direction from Kyiv City, where many new localities were discovered in the southern part of Kyiv Region and adjacent territories.

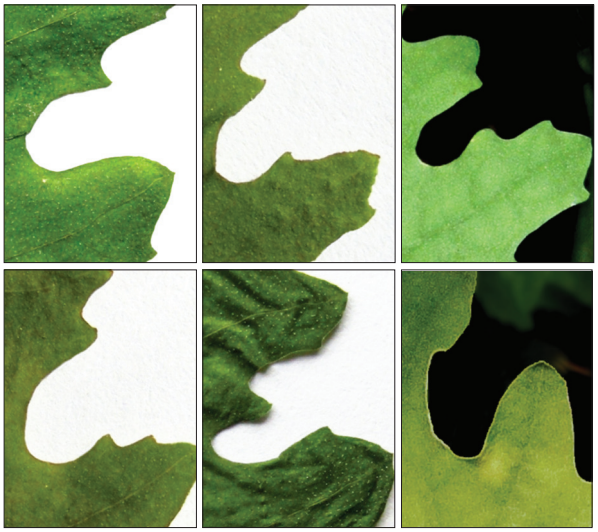


Fig. 1. Typical notches between the lobes and teeth of fully developed lower and middle cauline leaves of *Chenopodium ucrainicum*

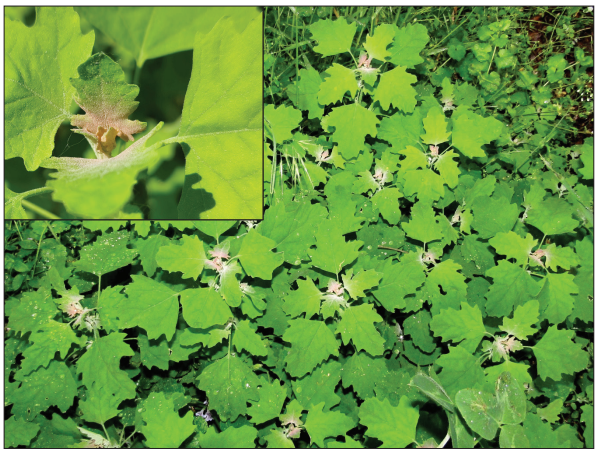


Fig. 2. Color features of young plants of *Chenopodium ucrainicum*. Stayky village, Obukhiv District, Kyiv Region, 27 May 2023 (photo by O. Shynder). Close-up: Nyvky Park, Kyiv City, 30 May 2023 (photo by S. Mosyakin)

All known localities of *C. ucrainicum* outline the formed (secondary or primary?) geographic range of this species, which, as we know at present, consists of three fragments in the central and western parts of Ukraine (Fig. 3). Most of localities (about 82%) from Kyiv City, Cherkasy and Kyiv regions, and the adjacent territories of Vinnytsia and Zhytomyr regions, are concentrated in the central part of the Dnipro (Dnieper) Upland area. According to the physical and geographical zoning (physiographic regionalization) of Ukraine (Marynych et



Fig. 3. The known range of *Chenopodium ucrainicum*; for actual updates, see *iNaturalist* (https://www.inaturalist.org/observations?taxon_id=1318362) and GBIF (https://www.gbif.org/uk/species/11197744)

al., 2003), this territory is located within the natural physiographic region of the Right Bank Forest-Steppe (where the first two words refer to the right bank of the Dnipro River, i.e., the areas west of the Dnipro), and only a few localities in Kyiv City are situated at the southern border of the Polissia (the Forest Zone) natural physiographic region. This "Dnipro" fragment of the known range of *C. ucrainicum* is the main one in terms of its area and number of localities. Here this species was collected for the first time in 1989 in Hrebinky, Bila Tserkva (formerly Vasylkiv) District of Kyiv Region, and here its *locus classicus* is located (Tatarka historical district, the northwestern part of Kyiv City).

The second largest fragment of the range of *C. ucrainicum* covers the localities in the town of Ostroh and surrounding areas in the southern part of Rivne Region. According to the physiographic zoning of Ukraine (Marynych et al., 2003), this territory belongs to the natural physiographic region of Male Polissia (Little or Lesser Polissia). For the first time *C. ucrainicum* plants were collected here in 2003 in the city of Ostroh; initially they were reported under the misapplied name "*C. borbasii*" (auct. non Murr).

The smallest fragment of the known range of *C. ucrainicum* was discovered in 2022 in the southern part of Vinnytsia Region, where several colonies of this species were found in Mohyliv-Podilskyi and its surrounding areas. This natural area is locally known as the Middle Dnister Region [*Середнє Подністров'я* in Ukrainian], stretching along the valley of the Dnister (Dniester, Nistru) River. It is a part of the Podillia Upland. According to physical and geographical zoning (physiographic regionalization), this area belongs to the natural physiographic region of the Right-Bank Forest-Steppe, as well as the "Dnipro" fragment of the known range of *C. ucrainicum*.

Within the outlined area, *C. ucrainicum* is distributed heterogeneously. Thus, in the main ("Dnipro") fragment of the range, most localities are concentrated in or between the cities and towns: Kyiv, Bila Tserkva, Stavyshche, Korsun-Shevchenkivskyi, Kaniv, and Rzhyshchiv. This area is mainly confined to the Kyiv Plateau. The most abundant habitats of *C. ucrainicum* are clustered on the slopes of the high right bank of the Dnipro River from the settlement of Trypillia (Obukhiv District, Kyiv Region) to Pekari village (Cherkasy District, Cherkasy Region), as well as in hilly areas along the Ros River valley from Kaniv (Cherkasy District, Cherkasy Region) and Pekari village to the town of Tarashcha (Bila Tserkva District, Kyiv Region).

Within both these geographic segments, *C. ucrainicum* was found almost everywhere. This species formed continuous geographic populations in this area. This is exactly what is observed in Ostroh and its western surroundings, where *C. ucrainicum* was found in many places. These outlined areas are characterized by similar geographical conditions: the soil cover was formed on a thick layer of clayey substrates of the Quaternary origin (loess loam), the terrain is highly rugged, the presence of ravines and clay and loess outcrops, moderate or high natural afforestation of the territory, and moderate amounts of annual precipitation. There is every reason to assume that the specified areas along the right bank of the Dnipro River and along the valley of the Ros River have become a kind of ecological corridors with optimal conditions for the growth and distribution of *C. ucrainicum*.

In other parts of the studied range, localities of *C. ucrainicum* are not so common or are random at all. Yes, in several places in Kyiv there are centers of occurrence this species, for example, in Nyvky Park, or in its *locus classicus* — the hilly area along Zagorska (formerly Baggovutivska) Street. But in general, this species is rarely found in Kyiv, and so far only its occasional colonies are known in the northern, central and southern parts of the city, and only in the areas west of the Dnipro River. The same applies to Hrebinky, Bila Tserkva District, Kyiv Region, where *C. ucrainicum* was found as

early as 1989, and now its several local colonies are still known there.

In this area, the finds of *C. ucrainicum* are rather accidental. We found only a few localities in the towns of Bila Tserkva and Vasylkiv, and here it gave the impression of a recent migration. Occasional small colonies were found in the western and central parts of Cherkasy Region, Vinnytsia Region (Mohyliv-Podilskyi, Pogrebyshche), and Zhytomyr Region (Ruzhyn).

In the course of this research, we noticed that within the studied area *C. ucrainicum* avoids areas with the sandy soil cover, for example, alluvial strips along rivers or stands of pine forests on the Quaternary sands of fluvioglacial origin near Kyiv City.

Information about locations and territories where *C. ucrainicum* has not yet been found despite special searches is also important. Until now, we have not confirmed the occurrence of this species in the zone of mixed forests in the northern part of Ukraine (with the exception of a few localities in Kyiv City, where the growing conditions are more similar to those of the forest-steppe than to the zone of mixed forests), the Left Bank Forest-Steppe, the Steppe zone, Crimea, and the western part of Ukraine (in particular, the Carpathians). We do not rule out that in some of these geographical areas *C. ucrainicum* can be indeed found, but these will be probably occasional localities, and there is no wide distribution of *C. ucrainicum* in these areas at the present stage of its supposed dispersal. Therefore, there are good reasons to assume that we have outlined most of the present-day range of this species in Ukraine. Information about the findings of *C. ucrainicum* outside the studied area (e.g., preliminary identifications in *iNaturalist*) has not yet been confirmed.

Phytosociological features of habitats

All known habitats of *Chenopodium ucrainicum* are found in synanthropic biotopes: first of all, these are various ruderal areas on roadsides, edges of anthropogenic (artificial or at least considerably disrupted) forests, under the canopy of trees and shrubs in parks or anthropogenic forest plantations dominated by the naturalized aliens *Acer negundo* L. and/or *Robinia pseudoacacia* L., less commonly along forest paths (Fig. 4). Sometimes *C. ucrainicum* was found on erosional clay or loess outcrops devoid of vegetation under the canopy of trees and shrubs. We recorded 139 species of vascular plants in the plant communities with the participation of *C. ucrainicum* (Supplement S2). *Acer negundo*, *Ballota nigra* L., *Chelidonium majus* L., *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., and *Poa angustifolia* L. co-occur with *C. ucrainicum* most often (with significant projective cover values), while *Polygonum aviculare* L. s. l., and *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. aggr. co-occur with our species only on ruderal sites. Projective coverage values of *C. ucrainicum* in communities vary from 2% to 90%.

Other species of *Chenopodium* occasionally co-occurring with *C. ucrainicum* are diploid taxa *C. suecicum* (mainly in shady habitats) and *C. ficifolium* (very rarely, registered only as growing nearby), tetraploid *C. betaceum* (*C. strictum* auct., non Roth), and hexaploid *C. album* s. l. and *C. opulifolium*, the last three species growing mainly in open and drier areas.

When classifying geobotanical relevés, we singled out two groups of such descriptions. The first group included phytocenoses formed on trampled places in populated areas, with the minor participation of ruderal short-lived plants (13 relevés). Such groups can be attributed to derived plant communities of the class *Polygono arenastri-Poetea annuae* Rivas-Martínez 1975 corr. Rivas-Martínez et al. 1991. In addition to *C. ucrainicum* with an average projective cover of 20–30%, the basis of these coenoses is formed by *Lolium perenne*, *Polygonum aviculare*, and *Taraxacum officinale* aggr. Annuals (*Chenopodium album*, *Erigeron canadensis* L., *Hordeum murinum* L.) and short-lived perennials (*Ballota nigra*, *Chelidonium majus*, *Poa angustifolia*) also occur often. These are phytocenoses of open ruderalized areas, sometimes partially shaded, growing on fertile soils, with some signs of nitrification. Phytocoenoses that are formed on roadsides, under fences, and in other ruderal areas usually have no significant participation of trees and shrubs. The phenological optimum of this vegetation falls on August–November.

The second group (21 relevés) consists of phytocenoses of anthropogenic forests or tree stands of *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia* with dominance in the herbaceous layer of *Chenopodium ucrainicum* (up to 60%). For these plant communities, we describe here the new association, *Chenopodio ucrainicae-Aceretum negundi* ass. nov., assigned to the union *Balloto nigrae-Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron 1980 of the class *Robinietea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 (see Pashkevych, 2024).



Fig. 4. *Chenopodium ucrainicum* habitats. A: stony banks of the Ros River, Bohuslav, Obukhiv District, Kyiv Region (photo by O. Shynder, 2021); B: shady park habitat, Stavyshche, Bila Tserkva District, Kyiv Region (photo by O. Shynder, 2021); C: forest road, outskirts of the Novomalyn, Rivne Region (photo by O. Holovko, 2021); D: abandoned flowerbed, Tarashcha, Bila Tserkva District, Kyiv Region (photo by O. Shynder, 2021)

Chenopodio ucrainicae-Aceretum negundi Pashkevych, ass. nov., hoc loco (alliance *Balloto nigrae-Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron 1980; class *Robinietea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980).

Diagnostic species: *Chenopodium ucrainicum*. Constant species: *Acer negundo, Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande, *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Atriplex patula* L., *Ballota nigra, Chelidonium majus, Dactylis glomerata, Galium aparine* L., *Geum urbanum* L., *Humulus lupulus* L., *Poa angustifolia, Robinia pseudoacacia, Urtica dioica* L.

Dominant species: *Acer negundo*, *Anthriscus sylvestris, Ballota nigra, Chenopodium ucrainicum, Galium aparine.*

Holotype: Supplement S2, Table S2, auct. relevé 34 (table number 34).

Species and abundance (Braun-Blanquet cover scale): *Acer negundo* 40%, *Robinia pseudoacacia* 20%, *Rubus caesius* L. 5%, *Chenopodium ucrainicum* 30%, *Ballota nigra* 15%, *Chelidonium majus* 5%, *Geum urbanum* 2%, *Urtica dioica* 2%, and single plants: *Acer platanoides* L., *Lolium perenne, Polygonum aviculare* s. l., *Salix alba* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Ulmus laevis* Pall.

Acer negundo and *Robinia pseudoacacia* groves or communities of other alien tree species with weedy understorey on loamy-sandy dry soils of Central and Eastern Europe.

The investigated phytocoenoses of the association *Chenopodio ucrainicae-Aceretum negundi* (21 relevés) are mainly anthropogenic tree plantations with density up to 8 points on slopes of slight to moderate (up to 30°) steepness. *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus laevis*, *Acer platanoides*, and occasionally *Juglans regia* L., prevail in the floristic composition of the tree layer. In the grass layer there are synanthropic native plants species: *Anthriscus sylvestris, Poa angustifolia, Dactylis glomerata, Humulus lupulus, Ballota nigra, Chelidonium majus*, an average of 20–25 species in the group. Projective coverage of *C. ucrainicum* varies from 2 to 60%.

Edaphic features and moisture regime of habitats

Most habitats of *Chenopodium ucrainicum* occur on sites with sufficiently humid and fertile soils. In the known range of *C. ucrainicum*, the most common soils are chernozems on the underlying loess layer, rarely on almost bare loess. The analysis of soil samples from a number of habitats (Supplement S3) proved that *C. ucrainicum* prefers rich soils with high humus content (5.2–14.5%) and moderately alkaline acidity (pH 7.18–7.58). The content of individual biogenic elements in the studied samples is within the limits of optimal indicators or even exceeds these limits. For example, for agricultural crops that are more demanding, the optimal indicators of the content of biogenic elements are as follows (in mg/l): NH_4 — 10–15, P — 110–130, K — 210–250, Ca — 3200–4000, Mg — 70–90, Fe — 50–80, S — 20–30, Mn — 15–20 (Zaimenko, 2021; Kushnir et al., 2023). In the studied habitats of *C. ucrainicum*, the content of such biogenic elements as NH_4 (20–50), P (54–437), Ca (6664–18992), S (37–50), Mn (15–25) at the end of the growing season exceeded the optimal indicators.



Fig. 5. Almost desiccated plants of *Chenopodium ucrainicum* at the end of the dry summer of 2024. Nyvky Park, Kyiv City, 30 August 2024 (photo by S. Mosyakin)

Therefore, *C. ucrainicum* should be classified as a eutrophic species.

In relation to humidity, *C. ucrainicum* is a mesophyte. In most cases, plants have a good or satisfactory appearance in habitats with sufficient humidity. Obviously, soils formed on a clayey or silty (loessy) parent substrate with a dense granulometric composition due to its better water-holding capacity and better water infiltration into the topsoil ensure greater resistance of the plants in dry periods. Also, *C. ucrainicum* prefers shade and semi-shade, where it develops more vigorously, and often acquires large sizes.

On the contrary, a tendency was noted that *C. ucrainicum* avoids habitats with sandy substrates, which quickly dry out and do not retain moisture after rainfall. Under such conditions, this plant species feels good only when it has sufficient moisture supply, in particular, in shaded places protected from drying out quickly. Presumably, similar soils with a light mechanical composition may be also unsuitable for *C. ucrainicum* due to the low content of biogenic elements. Observations of the habitats of *C. ucrainicum* during the summer months indicate that in years with summer drought these plants are poorly developed and may even completely dry out (Fig. 5); in a moist fall season they can recover rather successfully, at least partially. Therefore, the

sufficient availability of atmospheric and soil moisture is a limiting factor for the spread and dispersal of this species.

In connection with the presence of certain requirements for ecological factors of habitats, it is worth paying attention to the boundaries of the currently known range of *C. ucrainicum*. Its known southern limit of distribution does not reach the boundary of the Forest-Steppe and the Steppe (for delimitation of these physiographic zones, see Mala, 2016). One of the main factors that limit the spread of *C. ucrainicum* to the south is, obviously, a lack of moisture. Areas with extensive sands and sandy soils in the north of Ukraine (fluvioglacial Pleistocene deposits of sands in the Polissia — the northern forest zone) and along large rivers (alluvial sands) are also probably not suitable for the growth of *C. ucrainicum* due to the rapid drying out of the substrate that is common there. Thus, these factors may limit the spread of this species to the north and northeast of the presently discovered range.

Another additional limiting factor for the spread of this species can be the excess content of mineral salts in the soil, which can reduce the drought resistance of the mesophytic plants. Saline soils in the southern and eastern regions of Ukraine are probably unfavorable for this species. This assumption has not yet been supported by experimental or direct observational data, but the combination of unfavorable edaphic and climatic factors in general can explain the absence of any (!) known localities of *C. ucrainicum* east of the Dnipro River, in the physiographic region of the Dnipro Lowland. This contrasts sharply with the high density of localities on the right bank of the Dnipro River, on the Dnipro Upland.

Discussion

Immigration status and origin

At present, the origin, primary range, and immigration status in the currently discovered range (native or alien in the flora of Ukraine) of *Chenopodium ucrainicum* remain largely unresolved. However, the currently available phytogeographical, ecological and cenotic, and biological information about *C. ucrainicum* is sufficient for expressing at least preliminary assumptions and conclusions about it as an element of the Ukrainian flora, which will complement our earlier considerations (see Mosyakin, Mandák, 2020a; Habibi et al., 2023).

The current geographical distribution of *C. ucrainicum* in Ukraine seems to be rather heterogeneous. As already noted, most of localities were found in the central part of Ukraine known as the natural region of the Kyiv Plateau and adjacent areas, forming the "Dnipro" fragment of the range. It is advisable to consider it as probably an older center of distribution and dispersal of the species. Here, *C. ucrainicum* showed the greatest phytocenotic activity in plant comunities and it is often found in many settlements and beyond. In general, there is a massive distribution of the species along roads, but it has a tendency to spread at a certain distance from transportation routes. On the periphery of this "Dnipro" fragment, in particular, in Cherkasy, Vinnytsia, and Zhytomyr regions and the northern districts of Kyiv City, only local colonies of *C. ucrainicum* were found, which are mainly confined to the shady roadsides of highways and main roads, especially in hilly areas. This may indicate its recent dispersal in that area. Similar trends are characteristic of two other fragments of the range of *C. ucrainicum*, "Malopolissian" (Male Polissia, Lesser Polissia) and "Dnister". They are characterized by not so many localities found along roads, probably indicating the progressive expansion of the species. Therefore, the spatial distribution patterns of *C. ucrainicum* in Ukraine indicate that this species seems to be in the stage of expansion, and within the studied area the older (one or more) centers and newly formed fragments can be distinguished.

Thus, now *C. ucrainicum* is almost certainly a progressive species of the flora of Ukraine. In this respect, we should again re-consider the problem of its origin, in addition to our considerations and discussions in our earlier articles (Mosyakin, Mandák, 2020a; Habibi et al., 2023). The assumption that *C. ucrainicum* is a native element of the flora of Ukraine (and Eastern Europe in general) seems to be the least probable one. From a phytogeographical viewpoint, if *C. ucrainicum* is a native species, there are reasons to consider it a North Pontic local endemic. However, narrow endemism is not characteristic for the Forest-Steppe zone in the central part of Ukraine. The flora of this area is relatively young, being formed under the influence of the Forest and Steppe floristic elements (see Mala, 2016), and its present-day composition formed mainly during the post-Pleistocene times, in the Holocene (see Bezusko et al., 2011, and references therein). The absence of geographical barriers on

the plain of Eastern Europe did not contribute to any noticeable speciation here. Those plant taxa that are mainly restricted to the North Pontic area and have a rather limited geographical distribution [for example, *Centaurea borysthenica* Gruner, *Cynanchica graveolens* (M. Bieb. ex Schult. & Schult. f.) P. Caputo & Del Guacchio subsp. *leiograveolens* (Popov & Chrshan.) P. Caputo & Del Guacchio (≡ *Asperula graveolens* M. Bieb. ex Schult. & Schult.f. subsp. *leiograveolens* (Popov & Chrshan.) Pjatunina, *A. leiograveolens* Popov & Chrshan.), *Dianthus membranaceus* Borbás, *D. trifasciculatus* Kit. subsp. *pseudobarbatus* (Schmalh.) Jalas (≡ *D. pseudobarbatus* (Schmalh.) Besser ex Klokov), *Jurinea salicifolia* Gruner, etc.] are characterized mainly by their rather wide penetration into neighboring geographical zones, are coenotically confined to sandy and dry grassland (steppe) biotopes, and usually have closely related vicariant taxa (see Klokov, 1981; Fedoronchuk, 2009).

At least some supposedly North Pontic and Sarmatian endemics of the flora of Eastern Europe were probably formed as a result of hybridization (for example, *Galium* × *pseudoboreale* Klokov that probably emerged from *G. boreale* L. × *G. rubioides* L. s. l.; see POWO, 2024–onward), or are in fact ecotypic varieties, for example, *Veronica spicata* L. var. *pseudoorchidea* Pacz. (≡ *V. pseudoorchidea* (Pacz.) Klokov, incl. *V. paczoskiana* Klokov) (see Klokov, 1976; Mosyakin et al., 2023, and Albach et al., in progress). In contrast to that, *C. ucrainicum* does not have the ecological, coenotic and other features shared with the mentioned endemics (or supposed endemics) of this territory. In addition, in the temperate-continental zone of Eastern Europe, endemism is not widespread among annual plants outside the psamophytic ecological complex (see Klokov, 1981).

Another possibility to consider *C. ucrainicum* a native plant is to assume that only some part of its total but fragmented native range is known today. In this case, its distribution pattern and habitats should be similar to the habitats of some plants with disjunctive ranges that are considered relicts in the forest-steppe zone of Ukraine (for example, *Aconitum variegatum* L., *Corydalis intermedia* (L.) Mérat, *Scrophularia vernalis* L., etc.). However, the exclaves of the ranges of such plants in our flora are just remnants of specific cycles of the development of forest vegetation in previous periods, and their total ranges are rather wide and sufficiently well studied. On the other hand, native representatives of *Chenopodiaceae* in the flora of Ukraine with restricted or at least narrowly outlined ranges, for example, *Chenopodium acerifolium* Andrz. (see Uotila, Lomonosova 2016, Mosyakin, 2017), some species of the genera *Atriplex* L., *Bassia* All., *Corispermum* L., *Oxybasis*, *Polycnemum* L., etc., have florogenetic connections with representatives of the Eurasian arid flora (often called the Irano-Turanian floristic complex), and their expansion in the East European plain was mainly associated with the development of pioneer and sometimes halophytic vegetation of periglacial landscapes in the Late Quaternary (see Bezusko et al., 2006, 2011, and references therein).

Also, we may hypothesize that *C. ucrainicum* until recently remained confined to some "hidden" habitats within a restricted geographical area in Ukraine (for example, in localities of the loess outcrops and ravines along the Dnipro), where it persisted as a relict and went unnoticed by botanists until its recent expansion caused by anthropic factors. However, this hypothesis also has rather low chances to be confirmed by new evidence. First of all, the areas in the central part of Ukraine which are covered by the present-day range of *C. ucrainicum* were rather well studied by many keen collectors of the 19th and 20th centuries (see Habibi et al., 2023: 408, and discussion below) and specimens of *C. ucrainicum* are absent among the studied herbarium collections. Second, no other cases of relict taxa with similar ecological, geographical and phytosociological patterns are known in Ukraine.

Besides, our re-assessment of original specimens (syntypes) of *Chenopodium divaricatum* Andrz. (images of the lectotype and isolectotype available from JSTOR Global Plants at: https://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.specimen.kw001002777 and https://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.specimen.kw001002778), the third species of *Chenopodium* described by Andrzejowski (in addition to the currently recognized and distinct tetraploid species *C. acerifolium* and *C. betaceum*; see Andrzejowski, 1862: 132), demonstrated that this species name is definitely not applicable to *C. ucrainicum* and *C. ficifolium* (see Mosyakin, 2017: 149); an earlier assumption about its possible application to the species currently widely recognized as *C. suecicum* remains uncertain.

Contrary to the hypotheses considered above, from an ecological and coenotic point of view, *C. ucrainicum* is a synanthropic plant, and even in

the Kyiv Plateau, where this species is most widely represented, it has never been registered as part of natural undisturbed phytocenoses. This supports the initial assumption about the likely alien status of this species in the flora of Ukraine (Mosyakin, Mandák, 2020a). The features of numerous populations of *C. ucrainicum* on the eastern edge of the Kyiv Plateau, along the high right bank of the Dnipro River, in the vicinity of Rzhyshchyv town, Kyiv Region, also indicate the non-native status of the species. Here, the slopes above the Dnipro River are covered with natural broad-leaved forests, dominated mainly by *Carpinus betulus* L. However, in various places there are microrefugia where individual relict forest plants from various previous stages of the Holocene have been preserved [for example, *Cypripedium calceolus* L., *Equisetum telmateia* Ehrh., *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, *P. braunii* (Spenn.) Fée, etc.; Kleopov, 1990]. If we assume the aboriginal origin of *C. ucrainicum*, and considering its widespread distribution in this area, its presence in phytocenoses (plant communities) together with forest relict plants should be expected. However, this was not observed at all — this species in the studied area is restricted mainly (or almost exclusively) to roads and ruderal habitats.

It should be also noted that in the Kyiv Plateau, the habitats of *C. ucrainicum* on outcrops of loess loams show some similarity with the natural habitats of the annuals *Artemisia scoparia* Waldst. & Kit. and *Atriplex oblongifolia* Waldst. & Kit., which are facultative elements of plant communities on clay and loess outcrops. However, these two species are mesoxerophytes or xeromesophytes and they grow often in less disturbed biotopes with clayey or loess outcrops, while *C. ucrainicum* is found on such a substrate mainly in shaded synanthropic places, for example on the sides of roads laying across slopes and areas planted with *Robinia pseudoacacia*.

Some biological characteristics of *C. ucrainicum* are also important that contradict its hypothetical aboriginal (native) status and origin in our flora area. First of all, the "primitive" diploid chromosome set of *C. ucrainicum* indicates its likely direct formation in some primary center of diversification of the genus *Chenopodium* s. str. (see Krak et al., 2016; Mandák et al., 2018; Mosyakin, Mandák, 2020a; Habibi et al., 2023). The morphological features of *C. ucrainicum* indicate its certain similarity to plants from other parts of the world, in particular from Southern and/or Southeast Asia (Mosyakin, Mandák, 2020a, 2020b), but this remains only an assumption to this day and requires new observations in the mentioned vast regions of Asia.

Another important biological feature of *C. ucrainicum* is the long duration of its vegetation (extended phenology), which in our flora is usually characteristic of alien species introduced from more southern regions of America and/or Asia, and this also indicates the probable alien status of this species in the flora of Ukraine (see earlier comments in Mosyakin, Mandák, 2020a, and Habibi et al., 2023). According to long-term observations of the 20th century, the average duration of the growing season (a period with an average daily temperature above 5 °C) in the central part of Ukraine lasted 210 days, on average from April 3 to October 29 (Lipinsky et al., 2003; Osadchyi et al., 2010). Thus, the average duration of vegetation of *C. ucrainicum* (about 190–230 days) slightly exceeds the average duration of the growing season in the study region. But for the successful completion of all phases of ontogenesis, the duration of vegetation of an annual plant should be usually several weeks shorter than the natural growing season. That is, the climatic conditions of the central mainland regions of Ukraine during the 20th century were mostly not favorable for the completion of the vegetation duration of *C. ucrainicum* and the realization of its full biological productivity.

In recent decades, the climate of Ukraine has been changing in accordance with the influence of the global warming trend, in particular, the average length of the growing season has significantly increased here (see Didukh, 2022; Didukh et al., 2023, and references therein). For example, the average annual temperature in Kyiv increased by 0.8 °C during the period of 1991–2008, and this trend has accelerated in recent years. In addition, there is a general warming trend of the climate of the plain part of Ukraine, which is accompanied by xerophytization (Osadchyi et al., 2010; Boychenko et al., 2016; Didukh, 2022). In connection with this, during the last 1–2 decades, the weather conditions are increasingly developing, under which *C. ucrainicum* completely undergoes its ontogenesis and realizes its biological potential under the conditions of the studied area. Therefore, its phenological features indicate that *C. ucrainicum* as a biological species is adapted to growing in climatic conditions different from those that have long been characteristic of the temperate zone of Eastern Europe. Of

course, the climatic conditions in the territory of the Forest-Steppe zone of Ukraine were not stable, and even during the Holocene there were several alternating cold and warm periods, that is, there were already periods with a relatively long growing season in this territory in the quite recent past. But the native plants of the flora of the plain of Ukraine are adapted precisely to the average growing season duration and conditions that were mainly observed in the 20th century. Even the most late-flowering plants of the Ukrainian native flora (for example, *Erigeron acris* L. and *Hieracium umbellatum* L.) usually end their vegetation in September. Other species of the genus *Chenopodium* present in the flora of Ukraine also have a much shorter duration of their vegetation, although most of them are alien species here.

As we (Mosyakin and Shynder) have mentioned earier (in Habibi et al., 2023: 408), our special search in collections of several Ukrainian herbaria, first of all the National Herbarium of Ukraine (KW), failed to reveal even a single specimen of *C. ucrainicum* collected in Ukraine or elsewhere before our collections. It is hard to believe that such a distinctive and rather locally abundant species evaded attention of many experienced collectors of the Ukrainian flora for so long during the 19th and 20th centuries, such as W.S.J.G. Besser, A. Andrzejowski, V.M. Czernjaiew (Cherniaiev), A.S. Rogowicz (P.S. Rogovich), I.F. Schmalhausen, M.V. Klokov, S.S. Kharkevich, and many others. We concluded that "that absence of *C. ucrainicum* in earlier herbarium collections can be considered additional indirect evidence of the alien status of the species in Ukraine" (Habibi et al., 2023: 408).

Although most of the considered arguments indicate the alien status of *C. ucrainicum* in Central Ukraine, its native status still cannot be excluded as one of working hypotheses. Further search for new areas of distribution and spread of *C. ucrainicum* and new experimental studies may shed additional light upon the mystery of its origin.

Hypothetical native range

If the assumptions about the alien status of *Chenopodium ucrainicum* in the flora of Ukraine are correct, then the native range of this species is outside Europe, namely, probably in some southern or southeastern region of Asia with a mild moderately humid climate and a growing season longer than in the temperate zone of Europe. One of the centers of genetic diversity of the genus *Chenopodium* is located here, but the taxonomic study of its local representatives remains incomplete (see comments and references in Mosyakin, Mandák, 2020b). The tolerance of *C. ucrainicum* to low temperatures is an important feature, which can to some extent reveal the peculiarities of the hypothetical native range. Obviously, it cannot be equatorial and tropical climatic zones, in which there are no frosts. But it is probably the territory of South or Southeast Asia with temperate continental conditions, possibly some low-mountain regions. This assumption can be confirmed only after the (still hypothetical) discovery of plants identical to (or at least closely related to) *C. ucrainicum* in the specified area.

Characteristics of the expansion of *Chenopodium ucrainicum* in the Ukrainian flora

If we consider *C. ucrainicum* as a presumably alien species in the flora of Ukraine, there are reasons to assume that it was probably introduced to Ukraine in the second half of the 20th century. At that time, economic and military-political ties of the former USSR were established with some countries of South and Southeast Asia. In Hrebinky, its colony existed already in the end of the 1980s, and the presence of an elevator and a sugar beet processing factory in this settlement tentatively indicates that the introduction could be related to grain, for example, rice or corn, or it could be just a coincidence. During this period of great political changes in Eastern Europe, many new alien plants were introduced into Ukraine (see, e.g., Mosyakin, 1991) and the expansion of *C. ucrainicum* fits well into this trend. But at the end of the 20th century the climatic conditions of the plain part of Ukraine probably did not contribute to the spread of this species, and for a certain time *C. ucrainicum* remained at the stage of establishment as a colonophyte in the place (or places) of its initial introduction. This model of development of the secondary range is rather typical for invasive plants (see Mosyakin, 1996a). Closer to our time, during the latest decade, as a result of the significant warming of the climate, *C. ucrainicum* acquired significantly greater opportunities to realize its biological potential, and thus entered the stage of expansion.

Observations indicate that *C. ucrainicum* is quite easily established in new habitats under favorable conditions, for example, in the backyard of the M.G. Kholodny Institute of Botany and on some plots of the M.M. Gryshko National Botanical Garden

(both institutions are located in the central part of Kyiv City). This may also support the conclusion that *C. ucrainicum* is probably a xenophyte and neophyte in the studied area and is currently at the stage of invasive dispersal.

In connection with this, a question arises regarding the place of initial introduction of *C. ucrainicum* in Ukraine. Known materials indicate that the primary place of settlement is the southern part of Kyiv Region, but at least a decade later, this species was also recorded in Ostroh, Rivne Region. In addition, the high density of localities of *C. ucrainicum* along the right bank of the Dnipro River indicates that there could also be primary centers of introduction of this species in this area, for example, near the river ports on the Dnipro River (in Trypillya village and Rzhyshchiv town, Kyiv Region, and/or Kaniv City, Cherkasy Region). There are many optimal habitats nearby, where the species was successfully established. To a certain extent, the current dynamics of the expansion of *C. ucrainicum* is confirmed by the restriction of its habitats to areas with more active traffic. Thus, between Rzhyshchiv and Kaniv, the natural conditions along the right bank of the Dnipro River are quite similar, but the degree of modern anthropogenic load in different areas differs significantly. In the sparsely populated territory of the Trakhtemyriv Regional Landscape Park (at the border between Kyiv and Cherkasy regions), we found only one location of *C. ucrainicum* in Velykyi Bukryn village, which is quite close to the Kyiv–Kaniv highway. On the other hand, in the more remote corners of the Trakhtemyriv Landscape Park, where the natural conditions resemble the outskirts of Rzhyshchiv, but there is no active economic activity, this species have not been detected at all. So, now here, as in other regions, there is a gradual expansion of the range of *C. ucrainicum* from busier highways and populated areas to sparsely populated areas. The main likely way that ensures the transfer of diaspores (seeds) of this species is automobile or agricultural transport.

In the near future, it is expected that *C. ucrainicum* will continue its expansion in the territory of Ukraine within the forest-steppe zone (primarily in the central and western parts of the country) and adjacent territories of the forest zone, where there are optimal habitats and a moderately humid climate. Therefore, it is promising to search for new localities of *C. ucrainicum* in the Volhynian-Podolian Upland, Prykarpattia (Cis-Carpathian area), the Carpathians, as well as in some areas in the Poliska (also Polissia, Polesian) Lowland. Presumably, *C. ucrainicum* will penetrate (or has already penetrated) certain habitats in the Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine; however, the expansion of this species to the east of the Dnipro River is less likely due to the presumably less suitable local ecological and coenotic conditions in this area (see above). The wide expansion of *C. ucrainicum* in the steppe zone is also unlikely, although within the urban zones of large and medium-sized cities and towns in the southern part of Ukraine this species may well find favorable ecological niches for the formation of colonies, if actually introduced. In the more distant future, there are prospects for the penetration of *C. ucrainicum* into the territory of the northern regions of Romania and Moldova, Poland, and some other Central European countries.

Conclusions

According to the results of the study presented here, it has been established that the newly described diploid species *Chenopodium ucrainicum* has a local distribution range in the central and western regions of Ukraine. That range consists of three fragments in the natural regions — the Dnipro Upland (the main fragment), the Podillia (Podolian) Upland, and Male Polissia. In total, *C. ucrainicum* was found in 95 separate geographical locations, although in some areas of its range, the distribution is almost continuous. According to natural zoning, the discovered range of *C. ucrainicum* is confined to the Forest-Steppe zone and the southern strip of the Mixed-Forest (Polissia) zone.

It has been found that all habitats of *C. ucrainicum* are synanthropic. The ecological and phytosociological analysis demonstrated a significant participation of this species in the formation of the summer-autumn aspect of groups of ruderal trampled vegetation and secondary anthropogenic forests and tree plantations. A new association of forests with Black Locust (*Robinia pseudoacacia*) was described, where the diagnostic species is *C. ucrainicum*: *Chenopodio ucrainicae-Aceretum negundi* ass. nov.; alliance *Balloto nigrae–Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron 1980; class *Robinietea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980.

In relation to environmental factors, *C. ucrainicum* is a rather demanding eutrophic and mesophytic species. Sufficient moisture supply, the content of

nutrients in the substrate and its moderate alkaline reaction are probably quite important limiting factors for the spread of the species in certain regions.

Phytogeographical, ecological-cenotic and biological characteristics of *C. ucrainicum* and some other facts do not confirm its possible aboriginal origin in the studied range. Therefore, there are reasons to assume that this is an alien plant in the flora of Ukraine (and, presumably, in Europe in general), a xenophyte and neophyte. Its geographical distribution pattern does not indicate its possible endemism, but is probably the result of a recent accidental introduction, or several immigration events, which could have happened in the territory of Kyiv Region in the second half of the 20th century, probably with imported grain or other agricultural goods. Our analysis of the spatial structure of the currently known range of *C. ucrainicum* shows that this species is now at the stage of expansion. This is most probably facilitated by the significant warming and extension of the growing season in recent years. Due to that, *C. ucrainicum* is now able to more fully realize its biological potential. The hypothetical region of origin of *C. ucrainicum* may be located in the temperate or partly subtropical zones of southern or southeastern Asia, where some centers of genetic diversity of the genus *Chenopodium* is located.

However, the native status *C. ucrainicum* in the flora of Ukraine has not been reliably excluded. Further search for new localities of this still enigmatic species in Ukraine, in Europe, and in Eurasia in general, in combination with molecular phylogenetic and probably phylogeographic studies, will enable us to solve the enigma of its geographical origin and will clarify the role of this diploid in the complex evolutionary patterns of the polyploid species complex of *Chenopodium album* sensu latissimo.

Acknowledgments

The authors sincerely thank Anna A. Kuzemko (M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv), Halyna A. Chorna (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman), Oleksiy V. Vasylyuk (I.I. Schmalhausen Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv), and Iryna V. Zaharchuk (Busha State Historical and Cultural Reserve, Busha, Yampil Community, Vinnytsia Region) for their reports on new localities and habitats of *C. ucrainicum*; Denys A. Davydov and Myroslav V. Shevera (M.G. Kholodny Institute of Botany) and Oleksandr O. Orlov (Institute of Environmental Geochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine) for reporting that their special searches for this species in the Left-Bank Forest-Steppe area of Ukraine, as well as in Kherson and Zakarpattia (Transcarpathian) Regions and Zhytomyr City, were unsuccessful.

Very useful comments and important suggestions have been provided by all three reviewers, two of whom, Duilio Iamonico (Department of Environmental Biology, Sapienza University of Rome, Rome, Italy) and Pertti Uotila (Botany Unit, Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, Helsinki, Finland), preferred to submit non-anonymous reviews. We express our gratitude to all three reviewers for their expert opinions and comments; most of their edits and suggestions have been gratefully incorporated into the final version of our article.

And, last but not least, the Ukrainian authors express their sincere gratitude to the Armed Forces of Ukraine; the self-sacrificial bravery of defenders of our native land allowed us to continue our research and to keep the scientific traditions and heritage of Ukraine.

ETHICS DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

This article includes the following Supplementary Materials available as: Supplement S1, ukrbotj81-06-389-S1.pdf (111 KB); Supplement S2, ukrbotj81-06-389-S2.pdf (65 KB); Supplement S3, ukrbotj81-06-389-S3.pdf (38 KB).

ORCID

O.I. Shynder: https://orcid.org/0000-0003-1146-0873
N.A. Pashkevych: https://orcid.org/0000-0001-9345-6389
I.P. Kharytonova: https://orcid.org/0000-0001-9540-5278
O.V. Holovko: https://orcid.org/0009-0003-4923-1483
B. Mandák: https://orcid.org/0000-0002-9545-7497
S.L. Mosyakin: https://orcid.org/0000-0002-3570-3190

REFERENCES

Albach D.C., Tsymbalyuk Z.M., Buono D., Nitsenko L.M., Mosyakin S.L. (in progress) *Veronica paczoskiana* is a pine forest ecotype of *V. spicata* that evolved independently in forest-steppes of Ukraine and the Altay region. Manuscript, in progress.

Andrzejowski A. 1862. Continuatio Enumerationis Plantarum sponte in Gubernio Podolico et locis adjacentibus crescentium. *Universitetskie Izvestiya (Kiev)*, [vol. of] 1862(7): 94–142. [In Latin, with the alternative Russian title: Андржіевский [sic!] А. 1862. Продолжение исчисления растений Подольской губернии и смежных с нею мест. *Университетские известия (Киев)*, 1862 (7): 94–142].

Beaugé A. 1974. *Chenopodium album et espèces affines. Étude historique et statistique*. Paris: Société d'Edition d'Enseignement Supérieur (SEDES), xx + 447 pp.

Bezusko L.G., Mosyakin S.L., Tsymbalyuk Z.M. 2006. Pollen of *Chenopodiaceae* Vent. as an indicator of changes of natural conditions in Ukraine in the Pleistocene. *Ukrainian Botanical Journal*, 63(5): 645–653. [Безусько Л.Г., Мосякін С.Л., Цимбалюк З.М. 2006. Пилок *Chenopodiaceae* Vent. як індикатор змін природних умов на території України в плейстоцені. *Український ботанічний журнал*, 63(5): 645–653].

Bezusko L.G., Mosyakin S.L., Bezusko A.G. 2011. *Patterns and trends of development of the plant cover of Ukraine in the Late Pleistocene and Holocene*. Kyiv: Alterpress, 450 pp. [Безусько Л.Г., Мосякін С.Л., Безусько А.Г. 2011. *Закономірності та тенденції розвитку рослинного покриву України у пізньому плейстоцені та голоцені*. Київ: Альтерпрес, 448 с.]

Boychenko S., Voloshchuk V., Movchan Y., Serdjuchenko N., Tkachenko V., Tyshchenko O., Savchenko S. 2016. Features of climate change on Ukraine: Scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University (Kyiv)*, 4(69): 96–113. https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061

Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde.* Ed. 3. Springer Verlag: Wien, xiv + 865 pp. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2

Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z. 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 13(1): 79–90. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02025.x

Clemants S.E., Mosyakin S.L. 2003. *Chenopodium*. In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). *Flora of North America North of Mexico*. Vol. 4. New York & Oxford: Oxford University Press, pp. 275–299.

Didukh Y.P. 2022. *The world of plants of Ukraine in the aspect of chimate changes*. Kyiv: Naukova Dumka, 250 pp. [Дідух Я.П. 2022. *Рослинний світ України в аспекті кліматичних змін*. Київ: Наукова думка, 250 с.].

Didukh Y.P., Fitsailo T.V., Korotchenko I.A., Iakushenko D.M., Pashkevych N.A. 2011. *Biotopes of the Forest and Forest-Steppe zones of Ukraine*. Kyiv: LLC Macros, 288 pp. [Дідух Я.П., Фіцайло Т.В., Коротченко І.А., Якушенко Д.М., Пашкевич Н.А. 2011. *Біотопи лісової та лісостепової зон України*. Київ: ТОВ "Макрос", 288 с.].

Didukh Y., Pashkevych N., Kucher O., Chusova O. 2023. Impact of climate change on ruderal communities in the conditions of Ukraine. *Ekológia (Bratislava)*, 42(1): 39–46. http://dx.doi.org/10.2478/eko-2023-0005

Fedoronchuk M.M. 2009. An analysis of endemism of *Caryophyllaceae* Juss. in the flora of Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 66(4): 541–549. [Федорончук М.М. 2009. Аналіз ендемізму *Caryophyllaceae* Juss. флори України. *Український ботанічний журнал*, 66(4): 541–549].

Fuentes-Bazan S., Uotila P., Borsch T. 2012. A novel phylogeny-based generic classification for *Chenopodium* sensu lato, and a tribal rearrangement of *Chenopodioideae* (*Chenopodiaceae*). *Willdenowia*, 42: 5–24. https://doi.org/10.3372/wi.42.42101

Habibi F., Mosyakin S.L., Shynder O.I., Krak K., Čortan D., Filippi G.A., Mandák B. 2023. *Chenopodium ucrainicum* (*Amaranthaceae*), a new 'BB' genome diploid species: karyological, cytological, and molecular evidence. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 203(4): 401–410. https://doi.org/10.1093/botlinnean/boad032

Kleopov Yu.D. 1990. *Analysis of the flora of the broad-leaved forests of the European part of the USSR*. Kyiv: Naukova Dumka, 352 pp. [Клеопов Ю.Д. 1990. *Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР*. Киев: Наукова думка, 352 с.].

Klokov M.V. 1976. De veronicis spicatis [On spicate veronicas]. *Novitates Systematicae Plantarum Vascularium et Non Vascularium* [*Novosti Sistematiki Vysshikh i Nizshikh Rasteniy*], vol. of 1975. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 92–111. [Клоков М.В. 1976. О вероникax колосистых. *Новости систематики высших и низших растений*, 1975. Киев: Наукова думка, с. 92–111].

Klokov M.V. 1981. Psammophilous floristic complexes on the territory of the Ukrainian SSR (experience in the analysis of psammophyton). *Novitates Systematicae Plantarum Vascularium et Non Vascularium* [*Novosti Sistematiki Vysshikh i Nizshikh Rasteniy*]. Vol. of 1979. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 90–150. [Клоков М.В. 1981. Псаммофильные флористические комплексы на территории УССР (опыт анализа псаммофитона). *Новости систематики высших и низших растений*, 1979. Киев: Наукова думка, с. 90–150].

Krak K., Vít P., Belyayev A., Douda J., Hreusová L., Mandák B. 2016. Allopolyploid origin of *Chenopodium album* s. str. (*Chenopodiaceae*): A molecular and cytogenetic insight. *PLoS ONE*, 11(8): e0161063. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161063

Kushnir A., Matviishyna Zh., Kharytonova I. 2023. Palaeogeographical and physicochemical research of soil within the ancient polis of Olbia. *Physical Geography and Geomorphology*, 46(1): 54–59. [Кушнір А., Матвіїшина Ж., Харитонова

І. 2023. Палеогеографічні та фізико-хімічні дослідження ґрунту в межах античного полісу Ольвія. *Фізична географія та геоморфологія*, 46(1): 54–59]. https://doi.org/10.17721/phgg.2023.1-6.06

Lipinskyi V.M., Dyachuk V.A., Babichenko V.M. (eds.). 2003. *Climate of Ukraine*. Kyiv: Raevsky Publishing House. 343 pp. [Ліпінський В.М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. (ред.). 2003. *Клімат України*. Київ: Вид. Раєвського, 343 с.].

Maarel E., van der. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39: 97–114. https://doi.org/10.1007/BF00052021

Mala Y.I. 2016. *The boundary between Forest-Steppe and Steppe zones: eco-coenotic assessment (case study of the Right-Bank Ukraine)*. Kyiv, Naukova Dumka, 165 pp. [Мала Ю.І. 2016. *Межа між лісостепом і степом: еколого-ценотична оцінка (на прикладі Правобережної України)*. Київ: Наукова думка, 165 с.].

Mandák B., Trávníček P., Paštová L., Kořínková D. 2012. Is hybridization involved in the evolution of the *Chenopodium album* aggregate? An analysis based on chromosome counts and genome size estimation. *Flora*, 207: 530–540. https://doi.org/10.1016/j.flora.2012.03.010

Mandák B., Krak K., Vít P., Lomonosova M.N., Belyayev A., Habibi F., Wang L., Douda J., Štorchová H. 2018. Hybridization and polyploidization within the *Chenopodium album* aggregate analysed by means of cytological and molecular markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 129: 189–201. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.08.016

Marynych O.M., Parkhomenko G.O., Petrenko O.M., Shishchenko P.G. 2003. The improved scheme of the physical-geographical regionalization of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, [vol. of] 2003(2): 16–20. [Маринич О.М., Пархоменко Г.О., Петренко О.М., Шищенко П.Г. 2003. Удосконалена схема фізико-географічного районування України. *Український географічний журнал*, [том 2003 р.] (2): 16–20].

Maughan P.J., Jarvis D.E., de la Cruz-Torres E., Jaggi K.E., Warner H.C., Marcheschi A.K., Bertero H.D., Gomez-Pando L., Fuentes F., Mayta-Anco M.E., Curti R., Rey E., Tester M., Jellen E.N. 2024. North American pitseed goosefoot (*Chenopodium berlandieri*) is a genetic resource to improve Andean quinoa (*C. quinoa*). *Scientific Reports*, 14(1): art. 12345. https://doi.org/10.1038/s41598-024-63106-8

Mosyakin S.L. 1991. Preliminary list of recent additions to the alien flora of the Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 48(4): 28–34.

Mosyakin S.L. 1996a. Territorial peculiarities of expansion of alien plants in urbanized territories, with special reference to Kiev, Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 53(5): 536–545. [Мосякін С.Л. 1996a. Територіальні особливості експансії адвентивних рослин в урбанізованому середовищі (на прикладі м. Києва). *Український ботанічний журнал*, 53(5): 536–545].

Mosyakin S.L. 1996b. *Chenopodium*. In: Tzvelev N.N. (ed.). *Flora Europae Orientalis*. Vol. 9. St. Petersburg: Mir i Sem'ya-95, pp. 27–44. [Мосякин С.Л. 1996b. *Chenopodium*. В кн.: *Флора Восточной Европы*. Т. 9. Ред. Н.Н. Цвелев. Санкт-Петербург: Мир и Семья-95, с. 27–44].

Mosyakin S.L. 2012. *Chenopodium*. In: Tzvelev N.N., Geltman D.V. (eds.). *Conspectus Florae Europae Orientalis*. Vol. 1. St. Petersburg; Moscow: KMK Scientific Press, pp. 280–286. [Мосякин С.Л. 2012. *Chenopodium*. В кн.: *Конспект флоры Восточной Европы*. Т. 1. Ред. Н.Н. Цвелев, Д.В. Гельтман. Санкт-Петербург; Москва: Товарищество научных изданий КМК, с. 280–286].

Mosyakin S.L. 2017. Notes on taxonomy and nomenclature of *Chenopodium acerifolium* and *C. betaceum* (*C. strictum* auct.) (*Chenopodiaceae*). *Phytotaxa*, 324(2): 139–154. http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.324.2.3

Mosyakin S.L. 2021. Nomenclatural and taxonomic comments on some taxa of *Dysphania* (*Chenopodiaceae* s. str. / *Amaranthaceae* s. l.). *Ukrainian Botanical Journal*, 78(4): 266–273. http://dx.doi.org/10.15407/ukrbotj78.04.266

Mosyakin S.L., Clemants S.E. 2002. New nomenclatural combinations in *Dysphania* R. Br. (*Chenopodiaceae*): Taxa occurring in North America. *Ukrainian Botanical Journal*, 59(4): 380–385. Available at: https://www.researchgate.net/publication/272417640

Mosyakin S.L., Clemants S.E. 2008. Further transfers of glandular-pubescent species from *Chenopodium* subgen. *Ambrosia* to *Dysphania* (*Chenopodiaceae*). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 2(1): 425–431. Available at: https://biostor.org/reference/157645 and https://www.biodiversitylibrary.org/part/161523

Mosyakin S.L., de Lange P.J. 2018. New combinations for three taxa of the *Oxybasis glauca* aggregate (*Chenopodiaceae*) from Australasia, East Asia, and South America. *Phytotaxa*, 350(3): 259–273. http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.350.3.5

Mosyakin S.L., Iamonico D. 2017. Nomenclatural changes in *Chenopodium* (incl. *Rhagodia*) (*Chenopodiaceae*), with considerations on relationships of some Australian taxa and their possible Eurasian relatives. *Nuytsia*, 28: 255–271. http://dx.doi.org/10.58828/nuy00843

Mosyakin S.L., Mandák B. 2020a. *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* sensu APG), a new diploid species: a morphological description and pictorial guide. *Ukrainian Botanical Journal*, 77(4): 237–248. https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.04.237

Mosyakin S.L., Mandák B. 2020b. Nomenclatural and taxonomic comments on some taxa of *Chenopodiaceae* of the Himalayas and Tibet/Xizang. *Ukrainian Botanical Journal*, 77(6): 413–427. https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.06.413

Mosyakin S.L., Mosyakin A.S. 2021. Lockdown botany 2020: some noteworthy records of alien plants in Kyiv City and Kyiv Region. *Ukrainian Botanical Journal*, 78(2): 96–111. https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.02.096

Mosyakin S.L., Albach D.C., Shevera M.V. 2023. On *Veronica paczoskiana* and the real identity and typification of *V. spicata* var. *pseudoorchidea* (*Plantaginaceae*). *Phytotaxa*, 618(1): 47–58. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.618.1.4

Orlov O.O., Shynder O.I., Vorobjov E.O., Gryb O.V. 2022. New floristic finds in the Forest-Steppe part of Zhytomyr Region. *Ukrainian Botanical Journal*, 79(1): 6–26. [Орлов О.О., Шиндер О.І., Воробйов Є.О., Гриб О.В. 2022. Нові флористичні знахідки у лісостеповій частині Житомирської області. *Український ботанічний журнал*, 79(1): 6–26]. https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.01.006

Osadchyi V.I., Kosovets O.O., Babichenko V.M. (eds.). 2010. *Climate of Kyiv City*. Kyiv: Nika Center, 319 pp. [Осадчий В.І., Косовець О.О., Бабіченко В.М. (ред.). 2010. *Клімат Києва*. Київ: Ніка-Центр, 319 с.].

Pashkevych N.A. 2024. *Ruderal vegetation of Ukraine: classification, structure and dynamics.* Dr. Sci. Diss., Kyiv: M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, 522 pp. (manuscript). [Пашкевич Н.А. 2024. *Рудеральна рослинність України: класифікація, структура та динаміка*. Дис. докт. біол. наук, спеціальність 03.00.05 "Ботаніка". Київ: Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 522 с. (рукопис)]. Available at: https://uacademic.info/ua/document/0524U000323

POWO 2024–onward. *Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; https://powo.science.kew.org/ (Accessed 5 November 2024).

Rinkis G.Ya., Nollendorf V.F. 1982. *Balanced nutrition of plants with macro- and microelements*. Riga: Zinatne, 202 pp. [Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. 1982. *Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами*. Рига: Зинатне, 202 с.].

Shynder O., Shevchyk V. 2022. Additions to the flora of the Rzhyshchiv city amalgamated territorial community. In: *Biodiversity of the Rzhyshchiv city amalgamated territorial community. Studies of Hlyboki Balyky Ecological Research Station*, Issue 2. Chernivtsi: Druk-Art, pp. 24–46. [Шиндер О.І., Шевчик В.Л. 2022. Доповнення до флори Ржищівської МОТГ. *Наукові праці Екологічної дослідницької станції "Глибокі Балики". Біорізноманіття Ржищівської міської об'єднаної територіальної громади*, Вип. 2. Чернівці: Друк Арт, с. 24–46]. Available at: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/Hlyboki-Balyky_2_2023.pdf

Thiers B. 2009–onward. *Index Herbariorum: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available at: http://sweetgum.nybg.org/science/ih/ (Accessed 7 November 2024).

Uotila P. 2017. Notes on the morphology and taxonomy of *Chenopodiastrum* (*Chenopodiaceae*/*Amaranthaceae* s. lato), with two new combinations, *C. erosum* from Australia and *C. gracilispicum* from China. *Annales Botanici Fennici*, 54(4–6): 345–352. http://dx.doi.org/10.5735/085.054.0616

Uotila P. 2020. *Chenopodiastrum* (*Amaranthaceae* s. lato/*Chenopodiaceae* s. stricto) on Atlantic Islands. *Annales Botanici Fennici*, 58(1–3): 83–94. https://doi.org/10.5735/085.058.0114

Uotila P. 2022. New combinations and notes on *Oxybasis* (*Amaranthaceae*) from southern South America. *Candollea*, 77(1): 9–16. https://doi.org/10.15553/c2022v771a2

Uotila P., Lomonosova M. 2016. Taxonomic circumscription and synonymy of *Chenopodium karoi* and *C. acerifolium* (*Chenopodiaceae*). *Annales Botanici Fennici*, 53(3–4): 223–237. http://dx.doi.org/10.5735/085.053.0411

Uotila P., Sukhorukov A.P., Bobon N., McDonald J., Krinitsina A.A., Kadereit G. 2021. Phylogeny, biogeography and systematics of *Dysphanieae* (*Amaranthaceae*). *Taxon*, 70(3): 526–551. https://doi.org/10.1002/tax.12458

Walsh B.M., Adhikary D., Maughan P.J., Emshwiller E., Jellen E.N. 2015. *Chenopodium* polyploidy inferences from Salt Overly Sensitive 1 (SOS1) data. *American Journal of Botany*, 101(4): 533–543. https://doi.org/10.3732/ajb.1400344

Young L.A., Maughan P.J., Jarvis D.E., Hunt S.P., Warner H.C., Durrant K.K., Kohlert T., Curti R.N., Bertero D., Filippi G.A., Pospíšilíková T., Krak K., Mandák B., Jellen E.N. 2023. A chromosome-scale reference of *Chenopodium watsonii* helps elucidate relationships within the North American A-genome *Chenopodium* species and with quinoa. *The Plant Genome*, 16(3): e20349. https://doi.org/10.1002/tpg2.20349

Zaimenko N.V. (ed.) 2021. *Modern methods in allelopathic research. Methodological manual.* Kyiv: Lira-K, 200 pp. [Заіменко Н.В. (ред.). 2021. *Сучасні методи в алелопатичних дослідженнях. Методичний посібник*. Київ: Ліра-К, 200 с.].

Загадковий диплоїд *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.): географічні, екологічні та фітосоціологічні особливості як свідчення його походження

О.І. ШИНДЕР [1], Н.А. ПАШКЕВИЧ [2], І.П. ХАРИТОНОВА [1], О.В. ГОЛОВКО [3], Б. МАНДАК [4, 5], С.Л. МОСЯКІН [2]

[1] Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України,
вул. Садово-Ботанічна 1, Київ 01014, Україна

[2] Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

[3] Дермансько-Острозький національний природний парк,
проспект Незалежності 9, Острог, Рівненська область 35800, Україна

[4] Факультет наук про довкілля, Чеський сільськогосподарський університет у Празі,
вул. Камицька 129, Прага-Сухдол 165 00, Чеська Республіка

[5] Інститут ботаніки Чеської академії наук,
Замок 1, Пругоніце CZ-252 43, Чеська Республіка

Реферат. *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.), нещодавно описаний диплоїдний вид, наразі відомий лише в Україні. Це добре окреслений, але досі загадковий елемент української флори. За результатами хорологічних та еколого-ценотичних досліджень, проведених упродовж 2021–2024 років у центральних та західних областях України, представлено узагальнені відомості про географічне поширення *C. ucrainicum*, екологічну приуроченість його місцезростань і фітосоціологічні особливості. Відомий нині ареал *C. ucrainicum* має фрагментований характер, зі скупченнями локалітетів на Придніпровській височині, у Малому Поліссі та на Подільській височині. Характер розповсюдження вказує на переважне його поширення у синантропних місцезростаннях із помірним зволоженням (придорожні смуги, рудеральні ділянки, узлісся, затінені ділянки в антропогенних лісах та міських парках), а присутність *C. ucrainicum* у вторинних біотопах свідчить про його ймовірний статус як адвентивного (чужорідного) виду в Україні. Було зафіксовано високе проєктивне покриття виду у рудеральних угрупованнях за участю *Acer negundo* та *Robinia pseudoacacia*, де *C. ucrainicum* часто відіграє домінуючу роль у трав'яному ярусі. Описана нова асоціація *Chenopodio ucrainicae-Aceretum negundi* ass. nov., що підкреслює діагностичну цінність виду в рудеральних та антропогенних рослинних угрупованнях. В екологічному відношенні *C. ucrainicum* характеризується як довговегетуючий мезофіт, що відзначає його пристосованість до теплішого клімату з подовженим вегетаційним періодом. Його фенологічний ритм і стійкість до порівняно низьких температур вказують на ймовірне походження із більш південних регіонів зі схожими кліматичними умовами. Незважаючи на високу адаптивність у межах виявленого поточного ареалу, що узгоджується з актуальними тенденціями потепління клімату в Україні, відсутність цього виду в історичних гербарних колекціях підтверджує гіпотезу про те, що *C. ucrainicum* є відносно недавнім іммігрантом. Висловлено припущення, що його природний ареал може знаходитися в помірних або субтропічних регіонах Південної або Південно-Східної Азії, де знаходяться центри генетичної різноманітності роду *Chenopodium*. Подальші молекулярно-філогенетичні та філогеографічні дослідження будуть важливими для підтвердження фактичного географічного походження *C. ucrainicum* та еволюційної ролі в алополіплоїдному комплексі *Chenopodium album* s. l. Отримані результати дали цінну інформацію про сучасне поширення та еколого-ценотичні характеристики *C. ucrainicum* і частково підтвердили його ймовірний статус як неофіта, який розширює свій ареал на території України під впливом кліматичних змін та антропогенного впливу.

Ключові слова: біорізноманіття, комплекс *Chenopodium album*, кліматичні зміни, флора, розширення ареалу, таксономія, Україна

PLANT TAXONOMY, GEOGRAPHY AND FLORISTICS
СИСТЕМАТИКА, ФЛОРИСТИКА, ГЕОГРАФІЯ РОСЛИН

https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.408
RESEARCH ARTICLE

Epitypification of the Linnaean name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*), *Araceae*

Natalia M. SHIYAN
M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine
Address for correspondence: *herbarium_kw@ukr.net*

Abstract. During our research on the genus *Wolffia* (*Araceae*) in Ukraine, we have investigated the typification status of the Linnaean name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*). This name was typified twice, first using a "neotype" proposed by Landolt in 1994, and then a lectotype designated by Iamonico and Iberite in 2014. The "neotype" (a herbarium specimen preserved at FI) does not meet the requirements of Art. 9.8 of the *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants* (*ICN*), because it is not part of the original material for *Lemna arrhiza* and, therefore, cannot be considered for the lectotypification purpose (Art. 9.3 and 9.4 of the *ICN*). On the other hand, the lectotype designated by Iamonico and Iberite (an illustration in the book by Micheli) fully complies with the provisions of the *Code*. However, Micheli's illustration is demonstrably ambiguous and cannot be critically identified for purposes of the precise application of the name of *Lemna arrhiza*; therefore it was advisable to designate an epitype, following Art. 9.9 of *ICN*. The specimen from Micheli's Herbarium (barcode FI123857) is thus designated here as the epitype.

Keywords: *Araceae*, *Lemna arrhiza*, *Wolffia arrhiza*, epitype, lectotype, neotype, typification

Introduction

Wolffia Horkel ex Schleid. (*Araceae* Juss. s. l. / *Lemnaceae* Gray s. str.) belongs to the monophyletic group that was usually known as the family *Lemnaceae* Gray (see e.g., Les et al., 2002; Bog et al., 2019). However, recent molecular phylogenetic studies demonstrated that this clade is phylogenetically rooted within the family *Araceae* (Rothwell et al., 2004; Cabrera et al., 2008; Henriquez et al., 2014), and thus should not be recognized as a separate family because that recognition would make the family *Araceae* paraphyletic. Because of that, it was downgraded to the subfamily rank, *Araceae* subfam. *Lemnoideae* Bab. (Mayo et al., 2013; Appenroth, Sree, 2019). Despite that, an alternative taxonomic decision is possible for the continued recognition of *Lemnaceae* as a monophyletic group taxonomically corresponding to a family: the segregation of another monophyletic group as a family *Orontiaceae* Bartl. (see Tippery et al., 2021). Thus, both placements of duckweeds, either in *Araceae* s. l. (as

ARTICLE HISTORY. Submitted 14 November 2024. Revised 26 November 2024. Published 28 December 2024

CITATION. Shiyan N.M. 2024. Epitypification of the Linnaean name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*), *Araceae*. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(6): 408–414. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.408

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Araceae subfam. *Lemnoideae*) or in traditionally circumscribed *Lemnaceae* s. str., are alternatively acceptable, depending on a particular taxonomic decision.

Wolffia arrhiza (L.) Horkel ex Wimm. is the most common representative of the genus *Wolffia* in Europe (Uotila, 2009+). This species is naturally occurring in slow-flowing and still water bodies of Europe, Africa, and Southwest Asia in tropical, subtropical, and temperate zones (Landolt, 1994; Bog et al., 2019; POWO, 2024–onward). As an introduced species, *W. arrhiza* is reported for the northern part of Central Europe, Baltic countries, Asia (Korea, Japan(?)), North America (California in the USA), and South America (southern Brazil) (Landolt, 1994; Mito, Uesugi, 2004; Balsevičius, 2011; Armstrong, 2012; Lourenço, Bove, 2019; Son et al., 2019; POWO, 2024–onward), and may also occasionally occur in other region.

The expansion of the secondary range and penetration of *W. arrhiza*, as well as some other duckweed species, into new regions is increasingly closely related to expanding the spheres of use of these plants. At present, duckweeds became not only the objects of taxonomic and ecological studies (Les et al., 2002; Rothwell et al., 2004; Wang et al., 2010; Iberite et al., 2011; Henriquez et al., 2014; Ceschin et al., 2016; Shiyan, 2017; Bog et al., 2019; Tippery et al., 2021; Ziegler et al., 2023; Shiyan et al., 2024; https://www.mobot.org/mobot/research/apweb/), but are also widely used for various human needs and applications. In fact, due to their small size and ability to quickly increase their biomass, duckweeds have found wide uses in the food, agricultural, and pharmaceutical industries, and are increasingly used in, or studied for, bioenergetics, bioprocessing, phytoremediation, etc. (Pagliuso et al., 2018; Acosta et al., 2021; Romano, Aronne, 2021; Taghipour et al., 2022; Krzywonos et al., 2023; López-Pozo et al., 2023; Zhou et al., 2023; Minich, Michael, 2024; etc.). In this regard, the reliable taxonomic identification of species of this group that have found use in industry requires special attention, which is impossible without establishing the adequate nomenclature types of names of duckweed species.

The basionym of the name *W. arrhiza* is *Lemna arrhiza* L., which was established for the species by Linnaeus (1771: 294) in his *Mantissa Plantarum*. When describing the taxon, he relied on the monograph of the Italian botanist and mycologist P.A. Micheli (1679–1737), who described this species from Central Italy under the name "*Lenticullaria omnium minima, arrhiza*" and provided its image (Micheli, 1729: 16, tab. 11, fig. 4; Fig. 1a, b). According to the protologue of *L. arrhiza*, the Italian locality of the species was supplemented by Linnaeus with the results of research by the French botanist and gardener A.N. Duchesne (1747–1827). Since no holotype of *L. arrhiza* was indicated in the protologue (a common situation with Linnaean names), according to Art. 9.3 and 9.4 of the *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants* (Turland et al., 2018), hereafter referred to as "*ICN*"), a lectotypification was necessary. The original material for this name consists of the following elements: (a) Micheli's illustration provided for the name ("*Lenticullaria omnium minima, arrhiza. Mich. Gen. 16 t: 11. 4*") cited by Linnaeus as a synonym of his *Lemna arrhiza*; (b) one or more specimens collected by Duchesne from France, as indicated by Linnaeus in the protologue ("*Habitat … Galliae aquis. Du Chesne*"). Note that specimens from Italy which were used by Micheli to describe his "*Lenticullaria omnium minima, arrhiza*" cannot be considered for the lectotypification of *Lemna arrhiza* because they have never been seen by Linnaeus and he was probably even unaware of the existence of the relevant herbarium specimens.

The first attempt at typification of *Wolffia arrhiza* (≡ *Lemna arrhiza*) was made by E. Landolt (1986: 453), who, however, did not find any original material after his examination of the Linnaean collections at H, LINN, and S-LINN (herbarium acronyms are given according to *Index Herbariorum*: Thiers, 2009–onward). Later, Landolt (1994: 148), during his research of Micheli's Herbarium in the Italian Central Herbarium (FI), found two samples of *Wolffia arrhiza* collected by Micheli. Despite the fact that none of them were identified, according to the available data, an assumption was made about their origin from the outskirts of the city of Pisa (Italy), where there "... is a well-known station of *W. arrhiza*" (Landolt, 1994: 148). As a result of this typification, the smaller sample of *Wolffia arrhiza* in Micheli's Herbarium (currently at FI) was designated as a "neotype". This is evidenced by the *notae criticae* on the specimen FI123857 and the results of "neotypification" that Landolt published in his overview of the section *Wolffia* of the genus *Wolffia*, where he clearly mentioned the "neotype" of



Fig. 1. Original material of *Lemna arrhiza* L. (≡ *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm.). A: the page from a monograph by P.A. Micheli with the original figure of "*Lenticullaria omnium minima, arrhiza*" (Mich. Gen. 16 tab: 11, fig. 4); B: enlarged picture of the lectotype *L. arrhiza* designated by Iamonico and Iberite (2014: 1314); C: specimens of "*Lenticullaria omnium minima, arrhiza*" (FI123857 and FI1096309) from the Micheli's Herbarium (FI); D: epitype *L. arrhiza* (FI123857) designated here

 ISSN 2415-8860. *Ukrainian Botanical Journal*. 2024. 81 (6)

W. arrhiza and its storage location (Landolt, 1994: 148; Fig. 1c, d). We emphasize that the note of Landolt to specimen FI123857 was added after the article had been published.

Much later after Landolt's publication, Iamonico and Iberite (2014) during their nomenclatural investigation of two Linnaean taxa of *Araceae* subfam. *Lemnoideae* occurring in Italy correctly designated the lectotype of the name *Lemna arrhiza*. As the text of the publication indicates, the authors believed that the typification of the name *L. arrhiza* had not been carried out before them: "*Lemna arrhiza* and *L. spirodela* appear to be as yet untypified..." (Iamonico, Iberite, 2014: 1314). The list of references in their article shows that they did not consider Landolt publication of 1994, but relied on his publications from 1986 and 2000. As a result, guided by the available data of the protologue, Iamonico and Iberite (2014: 1314) chosen the original image of Micheli of 1729 as the lectotype of *L. arrhiza*: "[illustration in] Micheli, Nov. Pl. Gen.: t. 11, *Lenticularia* fig. 4. 1729. — Image of lectotype available at http://bibdigital.rjb.csic.es/ing/Libro.php?Libro=2801&Pagina=269".

Thus, it has been found that at different times a lectotype (Iamonico, Iberite, 2014: 1314) and a "neotype" (Landolt, 1994: 148) for the name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*) were selected. Unfortunately, Landolt, following the widespread tradition of choosing a type among existing herbarium specimens, may not have taken into account the fact that in the *International Code of Botanical Nomenclature* (*ICBN*, the *Tokyo Code*: Greuter et al., 1994: 11), there was a note to Art. 7.4 with a detailed explanation of the concept of "original material". In particular, it was noted: "original material comprises: (a) those specimens and illustrations (both unpublished and published either prior to or together with the protologue) upon which it can be shown that the description or diagnosis validating the name was based; (b) the holotype and those specimens which, even if not seen by the author of the description or diagnosis validating the name, were indicated as types (syntypes or paratypes) of the name at its valid publication; and (c) the isotypes or isosyntypes of the name irrespective of whether such specimens were seen by either the author of the validating description or diagnosis, or the author of the name" (Greuter et al., 1994: 11). Thus, according to the rules existing at that time, Landolt had to designate a lectotype from the available original material indicated in the protologue. Considering this, the designated by Landolt "neotype" does not meet the requirements of the *Code*.

Provisions of Art. 9.8 of the *ICN* indicate that a "neotype" can be selected only "if no original material exists, or as long as it is missing". If we do not consider the specimens from the Micheli's Herbarium (FI) as belonging to original material because of their uncertain origin and no evidence of their association with Linnaeus, then we still have another extant element of the original material, the illustration in Micheli (1729: tab. 11, fig. 4). According to Art. 9.4(a) of the *ICN*, this image belongs to original material of *L. arrhiza*. Thus, the designation of a "neotype" for *L. arrhiza* by Landolt (2017) has no standing (see a similar nomenclatural case of the "neotype", lectotype, and epitype designations for the name *Veronica menthifolia* H. Schott ex Roem. & Schult., as discussed in Mosyakin et al., 2024: 150–151).

The lectotype (illustration) of *Lemna arrhiza* (= *Wolffia arrhiza*) designated by Iamonico and Iberite (2014: 1314) fully complies with the provisions of Art. 9.3 of the *ICN* (Turland et al., 2018).

Unfortunately, the illustration of Micheli (Fig. 1A, B) gives only general ideas about *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*). Therefore, for example, the description of Micheli does not indicate the exact dimensions of the plants, and his figure lacks any scale. Thus, we can get an idea of the size of *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*) only by comparing it with other duckweed species depicted in the table (Micheli, 1729: tab. 11). In addition to this, the figure does not detail other morphological structures of a separate frond (for example, width, length, height of fronds; number of stomata, presence/absence of papules), which makes it difficult to unambiguously apply the name of a taxon as compared to other species related to it [for example, *Wolffia borealis* (Engelm. ex Hegelm.) Landolt ex Landolt & Wildi or *W. globosa* (Roxb.) Hartog & Plas] (Art. 9.6 of the *ICN*). In addition, the figure cannot be used for any biochemical, molecular, or other experimental studies.

Because of this, with the purpose of the precise application of the name to a taxon (Art. 9.9 of the *ICN*), I propose to designate the specimen FI123857 from Micheli's Herbarium (FI) that was identified by Landolt (1994: 148; Fig. 1C, D), as the epitype of the name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*).

Wolffia arrhiza (L.) Horkel ex Wimm., 1857. Fl. Schles. ed. 3, 140, nom. cons.

≡ *Lemna arrhiza* L., 1771, Mant. Pl.: 294.

≡ *Lenticala arrhiza* (L.) Lam., 1779.Fl. Franç. 2: 190.

≡ *Horkelia arrhiza* (L.) Druce, 1890. Fl. Berkshire: 511.

Type (**Lectotype**, designated by Iamonico and Iberite (2014: 1314): Illustration in Micheli, 1729. Nov. Pl. Gen.: t. 11 *Lenticularia* fig. 4. — Image of lectotype available at http://bibdigital.rjb.csic.es/ing/Libro.php?Libro=2801&Pagina=269).

Epitype, designated here: [the specimen of *Lenticullaria omnium minima, arrhiza* without label, from Micheli's Herbarium (FI)], Notae criticae: "Neotypus *Lemna arrhiza* L. = *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel in the smaller sample in Herb. Micheli, Landolt, 1994. See Landolt, Ber. Geobot. Inst. ETH, 60, 148", FI123857.

Acknowledgments

The author is cordially grateful to Dr. Chiara Nepi (Head Curator at the Museum of Natural History University of Florence, Italy) for providing us with herbarium specimens from the Collection of FI; and is especially grateful to Prof. Sergei L. Mosyakin (M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine) for discussion and editing. I also express my deepest thanks to Dr. Duilio Iamonico (Department of Environmental Biology, Sapienza University of Rome, Italy) and Dr. Olexander O. Orlov (Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine) for their attention to this publication and useful suggestions.

ETHICS DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

N.M. Shiyan: https://orcid.org/0000-0001-8144-5623

REFERENCES

Acosta K., Appenroth K.J., Borisjuk L., Edelman M., Heinig U., Jansen M.A.K., Oyama T., Pasaribu B., Schubert I., Sorrels Sh., Sree K.S., Xu Sh., Michael T.P., Lam E. 2021. Return of the *Lemnaceae*: duckweed as a model plant system in the genomics and postgenomics era. *The Plant Cell*, 33(10): 3207–3234. https://doi.org/10.1093/plcell/koab189

Armstrong W.P. 2012. *Wolffia arrhiza*, in Jepson Flora Project (eds.) *Jepson eFlora*. Available at: https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=48584 (Accessed 12 November 2024).

Balsevičius A. 2011. Svetimkraštė *Wolffia arrhiza* rūšis ir *Wolffietum arrhizae* bendrijos Lietuvoje. *Botanica Lithuanica*, 17(2–3): 65–72. Available at: https://hdl.handle.net/20.500.12259/102347

Bog M., Appenroth K.J., Sree K.S. 2019. Duckweed (*Lemnaceae*): Its molecular taxonomy. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3: 117. https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00117

Cabrera L.I., Salazar G.A., Chase M.W., Mayo S.J., Bogner J., Dávila P. 2008. Phylogenetic relationships of aroids and duckweeds (*Araceae*) inferred from coding and noncoding plastid DNA. *American Journal of Botany,* 95(9): 1153–1165. https://doi.org/10.3732/ajb.0800073

Ceschin S., Abati S., Leacche I., Iamonico D., Iberite M., Zuccarello V. 2016. Does the alien *Lemna minuta* show an invasive behavior outside its original range? Evidence of antagonism with the native *L. minor* in central Italy. *International Review of Hydrobiology*, 101(5–6): 173–181. https://doi.org/10.1002/iroh.201601841

Greuter W., Barrie F.R., Burdet H.M., Chaloner W.G., Demoulin V., Hawksworth D.L., Jørgensen P.M., Nicolson D.H., Silva P.C., Trehane P., McNeill J. 1994. International Code of Botanical Nomenclature (Tokyo Code). Adopted by the Fifteenth International Botanical Congress, Yokohama, August-September 1993. In: W. Greuter (ed.), *Regnum Vegetabile,* 131: [i]–xviii, 1–389 pp. Available at: https://iapt-taxon.org/Tokyo-e/DEFAULT.HTM

Henriquez C.L., Arias T., Pires J.C., Croat T.B., Schaal B.A. 2014. Phylogenomics of the plant family *Araceae*. *Molecular Phylogenetics and Evolution,* 75: 91–102. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.02.017

Iamonico D., Iberite M. 2014. Lectotypification of the Linnaean names *Lemna arrhiza* and *L. polyrhiza* (*Araceae*). *Taxon*, 63(6): 1314–1315. https://doi.org/10.12705/636.3

Iberite M., Iamonico D., Abati S., Abbate G., 2011. *Lemna valdiviana* Phil. (*Araceae*) as a potential invasive species in Italy and Europe: taxonomic study and first observations on its ecology and distribution. *Plant Biosystems*, 145(4): 751–757. https://doi.org/10.1080/11263504.2011.633112

Krzywonos M., Romanowska-Duda Z., Seruga P., Messyasz B., Mec S. 2023. The use of plants from the *Lemnaceae* family for biofuel production — A bibliometric and in-depth content analysis. *Energies*, 16: 2058. https://doi.org/10.3390/en16042058

Landolt E. 1986. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (*Lemnaceae*) (Vol. 2). The family of *Lemnaceae* — a monographic study. Vol. 1. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel*, 71: 1–566.

Landolt E. 1994. Taxonomy and ecology of the section *Wolffia* of the genus *Wolffia* (*Lemnaceae*). *Berichte des Geobotanishen Institutes der Eidgenössische Technishe Hochschule Stiftung Rübel*, 60: 137–151.
Landolt E. 2000. *Lemnaceae*. In: Flora of North America Editorial Committee (Eds.). *Flora of North America north of Mexico*. Vol. 22. Oxford & New York: Oxford University Press, pp. 143–150.
Linnaeus C. 1771. *Mantissa Plantarum Altera*. Holmiae [Stockholm]: Laurentius Salvius, p. 294.
Les D.H., Crawford D.J., Landolt E., Gabel J.D., Kimball R.T. 2002. Phylogeny and systematics of *Lemnaceae*, the duckweed family. *Systematic Botany,* 27(2): 221–240. Available at: https://www.jstor.org/stable/3093867
López-Pozo M., Adams III W.W.A., Demmig-Adams B. 2023. *Lemnaceae* as novel crop candidates for CO^2 sequestration and additional applications. *Plants*, 12: art. 3090. https://doi.org/10.3390/plants12173090
Lourenço A.R., Bove C.P. 2019. Flora do Rio de Janeiro: *Lemnoideae* (*Araceae*). *Rodriguésia*, 70: e02312016. https://doi.org/10.1590/2175-7860201970042
Mayo S.J., Bogner J., Cusimano N. 2013. Recent progress in the phylogenetics and classification of *Araceae*. In: Wilkin P., Mayo S.J. (eds.). *Early events in Monocot evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 208–242. https://doi.org/10.1017/CBO9781139002950.010
Micheli P.A. 1729. *Noua plantarum genera: iuxta Tournefortii methodum disposita quibus plantæ...* Florentiae: Typis Bernardi Paperinii, 234 pp.
Minich J.J., Michael T.P. 2024. A review of using duckweed (*Lemnaceae*) in fish feeds. *Reviews in Aquaculture,* 16(3), 1212–1228. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3340590/v1
Mito T., Uesugi T. 2004. Invasive alien species in Japan: The status quo and the new regulation for prevention of their adverse effects. *Global Environmental Research*, 8(2): 171–191. Available at: http://www.airies.or.jp/publication/ger/pdf/08-02-08.pdf
Mosyakin S.L., Albach D.C., Daubert M., Antonenko S.I. 2024. The nomenclatural cases of *Veronica steppacea* and *V. menthifolia* (*Plantaginaceae*), with notes on the status of provisional names and type designation. *Phytotaxa*, 642(2): 141–155. Available at: https://phytotaxa.mapress.com/pt/article/view/phytotaxa.642.2.3
Pagliuso D., Grandis A., Igarashi E.S., Lam E., Buckeridge M.S. 2018. Correlation of apiose levels and growth rates in duckweeds. *Frontiers in Chemistry*, 6: art. 291. https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00291
Romano L.E., Aronne G. 2021. The world smallest plants (*Wolffia* sp.) as potential species for bioregenerative life support systems in space. *Plants*, 10: art. 1896. https://doi.org/10.3390/plants10091896
Rothwell G.W., van Atta M.R., Ballard H.E., Stockey R.A. 2004. Molecular phylogenetic relationships among *Lemnaceae* and *Araceae* using the chloroplast *trn*L–*trn*F intergenic spacer. *Molecular Phylogenetics and Evolution,* 30(2): 378–385. https://doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00205-7
Shiyan N.M. 2017. An annotated synopsis of the family *Araceae* of the flora of Ukraine. In: *Current issues of Biological Science*. Eds. M. Davitashvilli et al. Nizhyn, pp. 44–48. [Шиян Н.М. 2017. Анотований конспект родини *Araceae* флори України. В зб.: *Актуальні питання біологічної науки: збірник статей*. Ред. М. Давіташвілі та ін. Ніжин, с. 44–48].
Shiyan N.M., Orlov O.O., Iakushenko D.M. 2024. *Wolffia globosa* (*Araceae* s. l. / *Lemnaceae* s. str.), a new aquatic alien species in the flora of Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(1): 40–51. [Шиян Н.М., Орлов О.О., Якушенко Д.М. 2024. *Wolffia globosa* (*Araceae* s. l. / *Lemnaceae* s. str.) — новий водний адвентивний вид флори. *Український ботанічний журнал*, 81(1): 40–51]. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.040
Son D.C., Kang E.S., Jung S.Y., Kim D.K., Lee S.R., Oh S.H. 2019. *Checklist of Alien Plants in Korea*. Seoul: Dooroo Happy Co., Ltd., 225 pp.
Taghipour E., Bog M., Frootan F., Shojaei S., Rad N., Arezoumandi M., Jafari M., Salmanian A.H. 2022. DNA barcoding and biomass accumulation rates of native Iranian duckweed species for biotechnological applications. *Frontiers in Plant Science*, 13: 1034238. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034238
Thiers B. 2009–onward. *Index Herbariorum. A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available at: https://sweetgum.nybg.org/science/ih/ (Accessed 12 November 2024).
Tippery N.P., Les D.H., Appenroth K.J., Sree K.S., Crawford D.J., Bog M. 2021. *Lemnacae* and *Orontiaceae* are phylogenetically and morphologically distinct from *Aracae*. *Plants,* 10: 2639. https://doi.org/10.3390/plants10122639
Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T.W., McNeill J., Monro A.M., Prado J., Price M.J., Smith G.F. (eds.). 2018. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile*, 159. https://doi.org/10.12705/Code.2018
Wang W., Wu Y., Yan Y., Ermakova M., Kerstetter R., Messing J. 2010. DNA barcoding of the *Lemnaceae*, a family of aquatic monocots. *BMC Plant Biology*, 10: 205. https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-205
Zhou Y., Stepanenko A., Kishchenko O., Xu J., Borisjuk N. 2023. Duckweeds for phytoremediation of polluted water. *Plants*, 12: 589. https://doi.org/10.3390/plants12030589
Uotila P. 2009+. *Lemnoideae* (= *Lemnaceae*). In: *Euro+Med PlantBase — the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. Available at: https://europlusmed.org/cdm_dataportal/taxon/378564E1-E3DE-4184-91DE-EFBD9A9DEEAA (Accessed 12 November 2024).

Ziegler P., Appenroth K.J., Sree K.S. 2023. Survival strategies of duckweeds, the world's smallest angiosperms. *Plants*, 12(11): 2215. https://doi.org/10.3390/plants12030589

Епітипіфікація ліннеївської назви
Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*), *Araceae

Н.М. ШИЯН
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

Реферат. Під час досліджень роду *Wolffia* (*Araceae*) в Україні ми вивчали питання типіфікації ліннеївської назви *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*). Встановлено, що ця назва була типіфікована двічі, спочатку як "неотип", запропонований Landolt у 1994 р., а потім як лектотип, запропонований Iamonico та Iberite у 2014 р. "Неотип" (гербарний зразок, що зберігається в FI) не відповідає вимогам ст. 9.8 *Міжнародного кодексу номенклатури водоростей, грибів і рослин* (*ICN*), оскільки він не є частиною оригінального матеріалу для *Lemna arrhiza*, а тому не може розглядатися для цілей лектотипіфікації (ст. 9.3 і 9.4 *ICN*). Проте, лектотип, визначений Iamonico та Iberite (ілюстрація в книзі Micheli), повністю відповідає положенням *Кодексу*. Однак ілюстрація Micheli явно неоднозначна і не може бути критично ідентифікованою для цілей точного застосування до назви *L. arrhiza*, тому виникла необхідність призначити епітип назви цього таксону відповідно до ст. 9.9 *ICN*. Таким чином, зразок із гербарію Micheli (штрих-код FI123857) позначено тут як епітип.

Ключові слова: *Araceae*, *Lemna arrhiza*, *Wolffia arrhiza*, епітип, лектотип, неотип, типіфікація

RED DATA BOOK OF UKRAINE
ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ

https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.415
RESEARCH ARTICLE

Subularia aquatica (*Brassicaceae*) — фантомний вид флори України

Галина А. ЧОРНА [1], Олександр І. ШИНДЕР [2*], Тетяна С. БАГАЦЬКА [2]
[1] Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова 2, Умань 20301, Україна
[2] Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, вул. Садово-Ботанічна 1, Київ 01014, Україна
* Автор для листування: *shinderoleksandr@gmail.com*

Реферат. У статті розглянуто особливості сучасного поширення панбореального виду *Subularia aquatica* та притаманні йому еколого-ценотичні умови місцезростань. Встановлено скорочення ареалу *S. aquatica* в межах Євразії у зв'язку з аридизацією клімату та евтрофікацією водойм. Виявлено, що в історичному минулому цей вид був помилково вказаний для флори України з території Вінницької області через плутанину схожих географічних назв (місто Могилів у Білорусі на р. Дніпро та місто Могилів-Подільський в Україні на р. Дністер). Його вказівка з території Дніпропетровської області не була підтверджена гербарним зразком і теж є, імовірно, помилковою через габітуальну схожість *S. aquatica* на ранніх стадіях онтогенезу з іншими мініатюрними гідрофітами, особливо з *Limosella aquatica*. З огляду на ці свідчення ми дійшли висновку, що диз'юнктивноареальний бореальний вид *S. aquatica* помилково наводився у складі флори України, та помилково був включений до Червоної книги України (2009, 2021). На території нашої країни нині відсутні еколого-ценотичні умови, характерні для природних місцезростань досліджуваного виду. Отже, вважаємо, що необхідно виключити *S. aquatica* із наступного видання Червоної книги України.

Ключові слова: біорізноманіття, скорочення ареалів, Червона книга України

Вступ

Subularia aquatica L. (*Brassicaceae*) — рідкісний вид водної флори з диз'юнктивним бореальним ареалом, який ніколи не був документально підтвердженим на території України. Свого часу одна із авторів цього повідомлення здійснила опрацювання шильника водяного для Червоної книги України (Chorna, 2009). Вид наводився як зниклий у природі з традиційним посиланням на монографічну обробку роду М.І. Котова у "Флорі УРСР" (Kotov, 1953). Нині вид включено до нового переліку видів рослин, що занесено до Червоної книги України, в якому він також має категорію "зниклий у природі" (Order…, 2021). У зв'язку із загальним скороченням ареалу *S. aquatica* (Dorofeev, 2012) внаслідок аридизації клімату актуальними є огляд відомостей про його зростання в Євразії та Україні, а також перегляд необхідності його охорони на рівні нашої держави.

ARTICLE HISTORY. Submitted 30 August 2024. Revised 12 November 2024. Published 28 December 2024
CITATION. Chorna H.A., Shynder O.I., Bagatska T.S. 2024. *Subularia aquatica* (*Brassicaceae*), a phantom species of the Ukrainian flora. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(6): 415–423. [In Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.415
© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Матеріали та методи

Об'єктом вивчення була євразійська частина сучасного ареалу *Subularia aquatica*. Дослідження ґрунтується на огляді наявних літературних відомостей стосовно цього таксону, матеріалів гербаріїв KW, KWHA, LWKS та аналізі природних умов його місцезростань. Назви синтаксонів наведено за базою даних FloraVeg.EU (https://floraveg.eu). На картосхемі сучасних спостережень *S. aquatica* в Євразії (рис. 2) наведено верифіковані вказівки з бази даних *iNaturalist* (Accessed 8 November 2024).

Природний ареал та особливості місцезростань *Subularia aquatica*

Subularia aquatica — панбореальний диз'юнктивноареальний вид із невеликого роду, до якого також належить центральноафриканський вид *S. monticola* A. Braun ex Schweinf. (Mulligan, Calder, 1964). За сучасними уявленнями *S. aquatica* включає 2 підвиди: типовий *S. aquatica* subsp. *aquatica*, поширений у північних регіонах Євразії, та *S. aquatica* subsp. *americana* G.A. Mulligan & Calder, поширений у Північній Америці. На території останньої відмічалися рослини з проміжними ознаками між обома підвидами, але невідомо, чи вони мають гібридне походження (Al-Shehbaz, 2010). За деякими відомостями на Алясці трапляється *S. aquatica* subsp. *aquatica* (Hegi, 1986), але інші джерела це не підтверджують (Al-Shehbaz, 2010; POWO, 2024–onward). Імовірно, до останнього часу північноамериканська та євразійська географічні популяції не були достатньо ізольованими для остаточної диференціації обох підвидів. У роботах Е. Хультена (Hultén, 1958; Hultén, Fries, 1986) ареал *S. aquatica* охарактеризовано як амфіатлантичний, але з тенденцією до циркумполярного поширення (рис. 1).

Далі в статті розглядатиметься саме типовий підвид *S. aquatica*. Його диз'юнктивний ареал охоплює північні та деякі високогірні регіони Євразії від Ісландії до Камчатки (Meusel et al., 1965; Hultén, Fries, 1986; GBIF, 2024–onward), тому його можна охарактеризувати як палеобореальний (Kleopov, 1990). За дослідженнями деяких авторів (Meusel et al., 1965) ареал виду *sensu lato* має формулу (sm)-temp-b-oz$_{1-(2)}$ circpol або (sm)-temp-b-k$_{1-5}$ circpol у сучасній інтерпретації (Ilyinska et al., 2007).

Найбільший фрагмент ареалу *S. aquatica* розташований у північно-західній частині Європи і охоплює Скандинавію, північ Великої Британії, Ісландію та деякі прилеглі райони на півночі Західної Європи. Острівні локалітети виду в Європі відомі з гірських масивів Балканського п-ва, Іспанії, у Піренеях та Альпах, у північних частинах Північноєвропейської та Східноєвропейської рівнин, Поволжя, а також наводилися для басейнів Дніпра та Дністра в Україні. В Азії фрагменти ареалу та острівні локалітети *S. aquatica* відомі з різних районів Сибіру: Верхньо-Тобольського природного району, Алтайських гір, Прибайкалля, Камчатки та прилеглих островів (Herder, 1891; Kotov, 1953, 1979; Meusel et al., 1965; Hegi, 1986; Belavskaya, 1994; Azovskiy, 2000; Assyov et al., 2012; Chorna, 2018). За новими даними вид зазначено на Сахаліні та в низці районів Крайньої Півночі РФ, зокрема: Ямало-Ненецькому автономному окрузі, на плато Путорана в Красноярському краї та в Магаданській області (POWO, 2024–onward; GBIF, 2024-onward) (рис. 2). Як заносний його наведено для Приморського краю (Belavskaya, 1994).

У сусідніх із Україною регіонах Східної та Центральної Європи *S. aquatica* був відомий з території Білорусі, насамперед за літературними даними: в околицях м. Мінськ (Ivanova, 1949) та із колишньої Могилівської губернії Російської Імперії — "на мокрых берегах прудов, озер и рек, часто в воде" (Cholovskiy, 1882: 14). Ці вказівки пізніше цитувалися в інших флористичних роботах (Łapczyński, 1890; Paczosky, 1897; Kozlovskaya, Parfenov, 1972; Dorofeev, 2012). Втім, нині *S. aquatica* вважається зниклим видом у флорі Білорусі (Parfenov et al., 1987).

Subularia aquatica зрідка трапляється у фітоценозах на мілководдях і берегах озер або рибних ставків, у зоні затоплення на глибині до 50 см, на бідних на поживні речовини, помірно кислих, перегнійних, мулистих піщаних субстратах, в оліготрофних озерах (Casper, Krausch, 1981; Hegi, 1986). В Європі водойми із *S. aquatica* відмічені від передгір'їв і нижнього поясу гір (200–500 м н.р.м.) до 900, а в Піренеях — до 2080 м н.р.м. (Casper, Krausch, 1981). Це характерний вид угруповань союзу *Littorellion uniflorae* Koch ex Klika 1935, разом із видами роду *Isoetes* L. (*Isoetaceae*) і *Littorella uniflora* (L.) Asch. (*Plantaginaceae*), *Lobelia dortmanna* L. (*Campanulaceae*), *Luronium natans* (L.) Raf. (*Alismataceae*), а

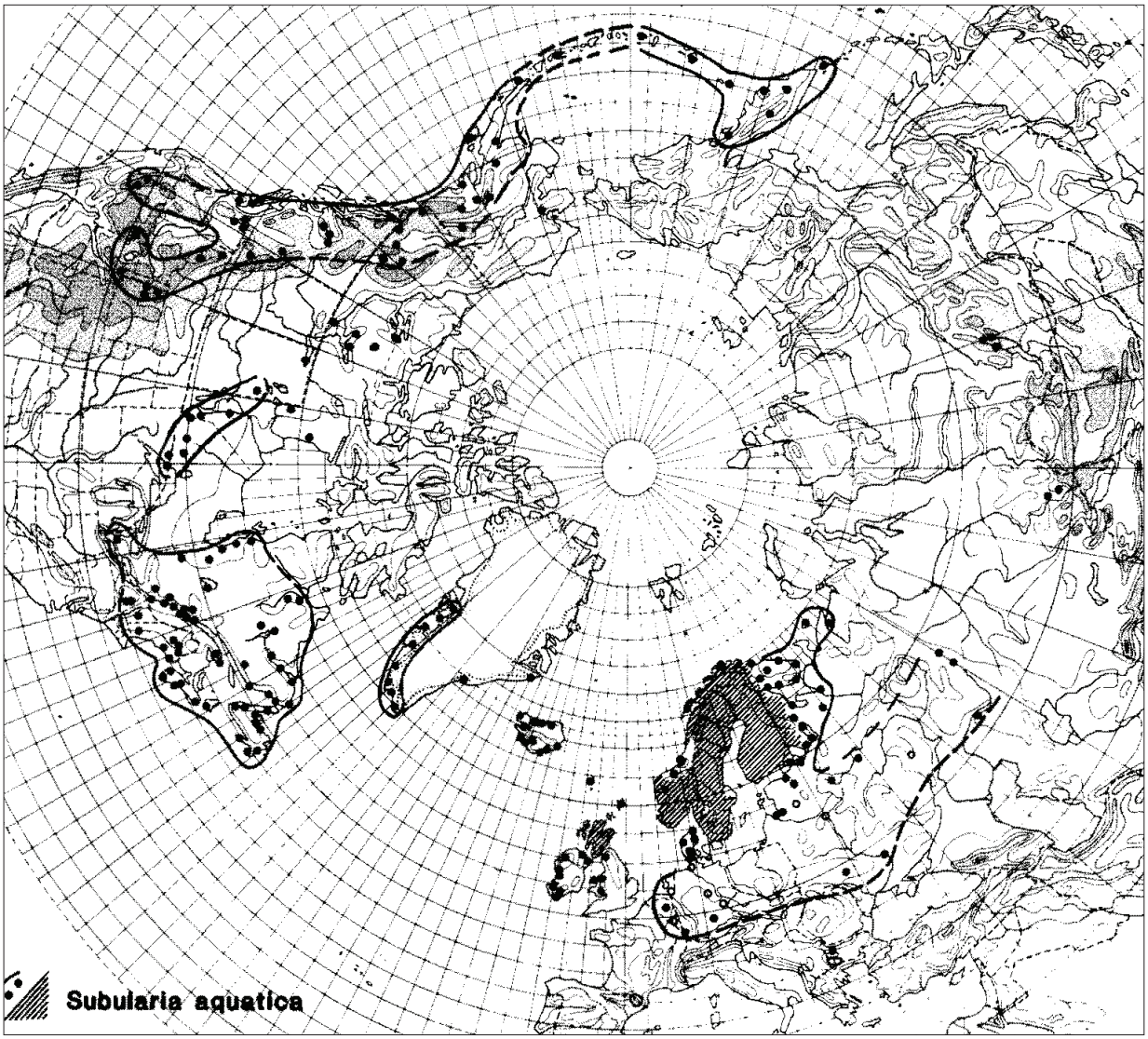


Рис. 1. Природний ареал *Subularia aquatica* (Hultén, Fries, 1986)
Fig. 1. The native range of *Subularia aquatica* (Hultén, Fries, 1986)

також фіксується у складі угруповань класів *Isoëto-Nanojuncetea* Br.-Bl. et Tx. in Br.-Bl. et al. 1952 і *Potamogetonetea* Klika in Klika et Novák 1941 (Kołodziejezyk, 1916; Ellenberg, 1986; Hegi, 1986; Ilyinska et al., 2007). На основі обстеження 116 високогірних озер східних Піренеїв було відзначено переважання в оліготрофних озерах із м'якою водою ізоетидових угруповань, сформованих *Isoetes lacustris* L., *I. setacea* Lam. та *S. aquatica* (Gacia et al., 1994). *Subularia aquatica* не лише ценотично близький до видів роду *Isoetes*, анатомічні дослідження також дозволили віднести цей вид до групи ізоетид за структурою листка. Для виду характерні біфаціальні дорзовентральні листки з адаксіально-абаксіальною полярністю, рідшим є альтернативний уніфаціальний тип із типовою для гідрофітів анатомічною структурою зі наявною аеренхімою (Nowak et al., 2010). Ще раніше для цієї еколого-біологічної групи рослин відзначалася їхня вражаюча схожість на стадії вегетації (Kołodziejezyk, 1916). Для *S. aquatica* були описані дві форми, які є швидше екологічними морфами (екадами): f. *terrestris* Warion — прибережна і f. *immerse* N.



Рис. 2. Сучасні спостереження *Subularia aquatica* в Євразії (*iNaturalist*, accessed 8 November 2024)
Fig. 2. Current observations of *Subularia aquatica* in Eurasia (*iNaturalist*, accessed 8 November 2024)

Busch. — занурена (Kotov, 1979). Для останньої характерна виключно клейстогамія (Hegi, 1986).

З погляду біології розповсюдження, слід підкреслити, що насіння *S. aquatica* не є плавучим. Звертає увагу, що в межах ареалу найбільше локалітетів виду зосереджено в приморських місцевостях Західної та Північної Європи, проте у континентальних областях його поширення має різко виражений диз'юнктивний та острівний характер. Наявність багатьох ізольованих локалітетів, імовірно, пов'язана із занесенням рослин водоплавними птахами. Це стосується, зокрема, місцезростань у деяких штучних водоймах (Hegi, 1986). При цьому в літературних джерелах неодноразово звертається увага на дрібні розміри рослин *S. aquatica*, через що вони часто залишаються непоміченими, а тому не були виявлені в усіх місцезнаходженнях (Kotov, 1979; Hegi, 1986).

Літературні та електронні джерела свідчать про загальне сучасне скорочення ареалу *S. aquatica* в межах Євразії (Dorofeev, 2012; Chorna, 2018). На сьогодні відомо, що в скандинавських країнах, насамперед у Норвегії, вид трапляється спорадично. Однак у Східній Фенноскандії, Центральній, Атлантичній та особливо Східній Європі, а також у сибірських та далекосхідному диз'юнктивних фрагментах ареалу він є рідкісним. Багато місцезнаходжень зникли ще в XX столітті зокрема на Північноєвропейській (Бельгія, Нідерланди, Німеччина) та Східноєвропейській (Білорусь) рівнинах (Casper, Krausch, 1981; Hegi, 1986; Parfenov et al., 1987; Kotiranta et al., 1998; Azovskiy, 2000; POWO, 2024–onward). Сучасні спостереження виду нечисельні (рис. 2), приурочені насамперед до оліготрофних, часто високогірних, озер. У більшості рівнинних регіонів скорочення ареалу виду пов'язане саме з погіршенням екологічного стану водойм (Dorofeev, 2012) — їхньою евтрофікацією.

За межами України вид внесений до Червоних книг і переліків Андорри (Mariné et al., 2017), Естонії (http://www.zbi.ee/punane/liigid/soontaimed_e.html), Латвії (https://www.latvijas-daba.lv/augi/subularia-aquatica-l/), Литви (Red Data…, 2007), Франції (Livre…, 1995), Східної Фенноскандії (Kotiranta et al., 1998), 15 суб'єктів РФ (Chorna, 2018). Крім того, *Subularia aquatica* має статус "найменшого ризику" (категорія "LC") за критеріями Червоного списку IUCN — для Європи (Lansdown, 2011) та на світовому рівні (Maiz-Tome, 2016); за критеріями оновленого Європейського Червоного списку (Bilz et al., 2011) також має категорію "LC".

Вид іноді трапляється в акваріумній культурі (як і *S. monticola*), але є досить малостійким (Rataj, Horeman, 1977).

Відомості про *Subularia aquatica* у флорі України

Перша непевна вказівка *S. aquatica*, яка, імовірно, стосувалася флори України, була наведена у роботі C.F. Nyman (1878), де в хорології цього виду було зазначено "Galiz.". На основі цього І. Шмальгаузен навів вид для Галичини в своїй "Flora of South-Western Russia" (Schmalhausen, 1886). Дещо згодом K. Łapczyński (1890) охарактеризував поширення цього виду на території тодішнього Королівства Польського і прилеглих місцевостей: "…rośnie tylko na Białorusi (M. 10, h), gdzie wnosząc ze słów Czołowskiego: "na mokrych brzegach stawów, jezior i rzek, często w wodzie", nie musi być rzadkością Od okolic Mohylewa nad Dnieprem najbliższe znane stanowiska znajdują się pod Petersburgiem. Nyman do zasiągu téj krzyżowéj rośliny zalicza Galicyją, Schmalhausen tę wiadomość powtarza. Nie spotkałem *Subularia aquatica* L. w żadnym ze znanych mi spisów roślin galicyjskich" (Łapczyński, 1890: 34). Тобто, автор чітко обмежив південну межу поширення *S. aquatica* у межах сучасної Білорусі, з околиць м. Могилів (на Дніпрі) за роботою К. Чоловского (1882), та вказав на імовірно помилкове наведення виду для флори Галичини. Після цієї замітки, в другому виданні своєї "Флори" І. Шмальгаузен уже не зазначив *S. aquatica* для Галичини (Schmalhausen, 1895).

За кілька років вид був знову наведений для території України з колишньої Катеринославської губернії (нині Дніпропетровська область): "Болота по р. Волчьей около Озеровки. В конце мая. Редко" (Sidorov, 1897: 44). Дана вказівка не була підтверджена ні гербарним зразком, ні повторними пошуками і її достовірність досить сумнівна. Вказаний біотоп і географічне розташування (у рівнинній водоймі в степовій зоні) не є характерними для *S. aquatica*. Не виключено, що М.В. Сидоров прийняв за *S. aquatica* інший вид, наприклад, *Limosella aquatica* L. На ранніх стадіях онтогенезу з ювенільним габітусом рослини цих видів дуже схожі (Markov, 2007), і ще раніше зазначалося, що рослини еколого-біологічної групи ізоетид дуже важко розрізнити (Kołodziejezyk, 1916).

У монографічній обробці родини *Brassicaceae* для "Флори УРСР" М.І. Котов навів два місцезнаходження *S. aquatica*: з Поділля — "Вінницька обл.: Могилів-Подільський над Дністром, 1890 р. (Лапчинський)", та із Придніпров'я — "Дніпропетровська обл.: по р. Вовчій (Сидоров)" (Kotov, 1953: 428). Слідом було зазначено, що вони обидва потребують перевірки. В подальшому М.І. Котов назвав ці вказівки сумнівними (Kotov, 1965), а вже у наступній обробці родини для "Флоры Восточной Европы" досліджений вид для території України не навів (Kotov, 1979).

На нашу думку, вказівка для Могилів-Подільського була наслідком прикрої плутанини схожих географічних назв (м. Могилів на р. Дніпро в Білорусі було помилково прийняте за м. Могилів-Подільський на р. Дністер в Україні). Проте вона разом із вказівкою для Дніпропетровської області дублювалася в наступних вітчизняних джерелах, з примітками, що вид імовірно зниклий або потребує підтвердження (Opredelitel…, 1987; Mosyakin, Fedoronchuk, 1999; Chorna, 2006; Ilyinska et al., 2007). З категорією "зниклий у природі" *S. aquatica* було включено і до Червоної книги України (Chorna, 2009; Order…, 2021).

Перегляд гербарних зразків *S. aquatica* засвідчив, що з території України збори цього виду відсутні, зокрема в гербаріях KW і LE (Chorna, 2006). В той же час у гербаріях України (KW, KWHA, LWKS) виявлено 8 гербарних аркушів цього виду, переважно ексикати *S. aquatica* та кілька оригінальних зборів з території РФ, а на одному аркуші історичного гербарію М.С. Турчанінова (KW-TURCZ) (Mjakushko et al., 1979; http://botany.kiev.ua/turchaninov/herb_ukr.html) наявні принаймні 5 зборів із кількох країн (сучасні території Німеччини, Норвегії, Швеції та РФ). Перелік досліджених зразків *S. aquatica* в гербаріях України наведено далі (пронумеровано окремі гербарні аркуші):

1) "Ленинград, окрестности. Лахта. Разлив […]. На илистом берегу или в мелкой воде, 24.08.1954, leg. М. Клоков", KW124680. 2) "Окрестности Ленинграда. Ст. Кавголово. Озеро Хепо-Ярви. В воде на песчаном дне у берегов, 27.08.1954, leg. М. Клоков", KW124679. 3) "Circa Petropoliu [*collection date and collector unknown*]", KW-TURCZ. 4.1) "ad ripam пруда. Ж. Златоуст. [Несторовский]"; 4.2) "herb: Schmalh: *Subularia aquatica* L. [okr. Minus..]. [hlarga..]"; 4.3) "M.N. Blytt pl. Norvegia. Ed. R. F. Hohenacker. Prope Christianiam. [*collection date and collector*

unknown]"; 4.4) "Suetia [*collection date and collector unknown*]"; 4.5) "Bavar. Erlang. 1822. Co[n.] Zucc[arini]", KW-TURCZ. 5) "Kamchatskiy region, Olyoutorskiy district, vicinity of village Khailino, silty bank of little lake in valley of Khaylyno river, seen only one time, in mass, 02.07.1976, leg. S. Kharkevich, T. Buch; det. S. Kharkevich", KWHA105063. 6) "Мурманская обл., близ ст. Хибины, берег озерка, 26.06.1921, leg. Д. Литвинов, det. B. Сергиенко. Prov. Murmansk, prope st. Chibiny, ad ripam lacucsculi, 26.06.1921, leg. D. Litvinov, det. V. Sergienko", HF USSR, No 7004, LWKS. 7) "Новгородская обл., Валдайский р-н, о. Жилицы близ ст. Кравцово, на песчаном дне, 20–27.07.1913, leg. Д. Литвинов, det. B. Сергиенко. Prov. Novgorod, distr. Valdai, lac. Zhilitzy prope st. Kravtzovo, in fundo arenoso, 20–27.07.1913, leg. D. Litvinov, det. V. Sergienko", HF USSR, No 7, 7004, LWKS. 8) "Россия. Ленинградская обл., Приозерский р-н, окрестности деревни Солнечное. Озеро Отрадное, 08.1997, leg. Н. Сычак, А. Кагало; 08.07.2001, det. N. Sytschak", LWKS08646.

Отже, аналіз літературних та гербарних відомостей засвідчив, що достовірні підтвердження про зростання *S. aquatica* на території України в історичному минулому відсутні. У літературних джерелах було наведено 2 помилкові вказівки про локалітети *S. aquatica* — у Галичині та Вінницькій області, а також дуже сумнівна і непідтверджена вказівка про локалітет у Дніпропетровській області, далеко за межами природного ареалу виду та його еколого-ценотичного оптимуму. Тому *S. aquatica* слід розглядати як фантомний вид флори України, який був включений у багато флористичних переліків без достатніх підстав.

Нині знахідки виду в Україні малоймовірні, виходячи з біології виду (Chorna, 2018). Єдиний регіон в Україні, де природно зростає потенційний вид-супутник *S. aquatica* — *Isoetes lacustris* — це північно-західна частина Полісся (Pryadko, Didukh, 2009), але нині ця місцевість значно віддалена від сучасного ареалу дослідженого виду. Враховуючи вищесказане, *S. aquatica* слід виключити з Червоної книги України, оскільки його наявність у флорі України в останній (субатлантичний) період документально не підтверджена, тож немає підстав розглядати цей вид як "зниклий у природі".

Висновки

Subularia aquatica — вид із диз'юнктивним бореальним ареалом, який у сучасних умовах скорочується. За весь час флористичних досліджень для території України було наведено три літературні вказівки про локалітети цього виду, але дві з них (з Галичини та Вінницької області) були помилковими, а одна (з Дніпропетровської області) — наведена далеко за межами природного ареалу виду та його еколого-ценотичного оптимуму. Розглядати *S. aquatica* як вид, що потребує охорони на території України, немає ніяких підстав.

Подяки

Автори висловлюють щирі подяки провідному науковому співробітнику НДІ біології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Б.О. Барановському за надану інформацію та літературу; куратору Гербарію Інституту екології Карпат НАН України (LWKS) Н.М. Сичак, доценту Уманського національного університету садівництва Т.В. Мамчур та молодшій науковій співробітниці Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України О.В. Міськовій за допомогу в пошуку гербарних зразків.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

Г.А. Чорна: https://orcid.org/0000-0002-9633-1618
О.І. Шиндер: https://orcid.org/0000-0003-1146-0873
Т.С. Багацька: https://orcid.org/0000-0001-6661-939X

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Al-Shehbaz I.A. 2010. *Subularia aquatica*. In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). *Flora of North America North of Mexico*. Vol. 7. New York; Oxford: Oxford University Press, p. 509.

Assyov B., Petrova A., Dimitrov D., Vassilev R. 2012. *Conspectus of the Bulgarian vascular flora*. Sofia: Bulgarian Biodiversity Foundation, 490 pp.

Azovskiy M.G. 2000. Redkiye vysshiye vodnyye rasteniya oz. Baykal. In: *Proceedings of the V International conference on aquatic macrophytes "Hydrobotany 2000" (Borok, October 10–13, 2000)*. Borok, pp. 102–103. [Азовський М.Г. 2000. Редкие высшие водные растения оз. Байкал. В сб.: *Гидроботаника, 2000. V Всероссийская конференция по водным растениям (Борок, 10–13 октября 2000 г.)*. Борок, с. 102–103].

Belavskaya A.P. 1994. *Vodnyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (prezhde vkhodivshikh v SSSR)*. Sankt-Peterburg, 64 pp. [Белавская А.П. 1994. *Водные растения России и сопредельных государств* (*прежде входивших в СССР*). Санкт-Петербург, 64 с.].

Bilz M., Kell S.P., Maxted N., Lansdown R.V. 2011. *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 130 pp.

Casper S.J., Krausch H.-D. 1981. *Subularia.* In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pteridophyta und Anthophyta.* Bd. 2. Stuttgart; New York: Gustav Fischer Verlag, pp. 530–531.

Cholovskiy K. 1882. *Ocherk flory Mogilevskoy gubernii.* Mogilev na Dnepre: Tipografiya Gubernskago pravleniya, 192 pp. [Чоловский К. 1882. *Очерк флоры Могилевской губернии*. Могилев на Днепре: Типография Губернского правления, 192 с.].

Chorna H.A. 2006. *Flora vodoym i bolit Lisostepu Ukrayiny. Sudynni roslyny*. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 184 pp. [Чорна Г.А. 2006. *Флора водойм і боліт Лісостепу України. Судинні рослини*. Київ: Фітосоціоцентр, 184 с.].

Chorna H.A. 2009. *Subularia aquatica.* In: *Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom.* Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 378. [Чорна Г.А. 2009. *Subularia aquatica*. В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ.* Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 378].

Chorna H.A. 2018. *Subularia aquatica* L. — rare species within the Eurasian part of the range. In: *The Plant Kingdom in the Red Data Book of Ukraine: Implementing the Global Strategy for Plant Conservation, Proceedings of the V International Conference (Kherson, June 25–28, 2018).* Kherson: Typography Vyshemyrskyi V.S., pp. 89–90. [Чорна Г.А. 2018. *Subularia aquatica* L. — рідкісний вид у межах євразійської частини ареалу. В зб.: *Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин: матеріали V Міжнародної конференції (Херсон, 25–28 червня 2018 р.)*. Херсон: ФОП Вишемирський В.С., с. 89–90].

Dorofeev V.I. 2012. *Subularia*. In: *Konspekt flory Vostochnoy Evropy.* Vol. 1. Ed. N.N. Tzvelev [Tsvelev] Moscow; Saint Petersburg: KMK, pp. 433. [Дорофеев В.И. 2012. *Subularia*. В кн.: *Конспект флоры Восточной Европы*. Т. 1. Ред. Н.Н. Цвелев, Москва; Санкт-Петербург: КМК, с. 433].

Ellenberg H. 1986. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht.* Stuttgart: Ulmer, 989 pp.

Gacia E., Ballesteros E., Camarero L., Delgado O., Palau A., Riera J.L., Catalan J. 1994. Macrophytes from lakes in the eastern Pyrenees: community composition and ordination in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*, 32(1): 73–81. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb00867.x

GBIF. 2024–onward. *Global Biodiversity Information Facility.* Available at: https://www.gbif.org/species/5373421 (Accessed 08 November 2024).

Hegi G. 1986. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Bd. 4(1). Berlin; Hamburg: P. Parey, vii + 595 pp.

Herder F. 1891. Die Flora des europäischen Russland. Nach den Forschungsresultaten der letzten 40 Jahre statistisch zusammengestellt. *Botanischen Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte and Pflanzengeographie*, 14: 48–78.

Hultén E. 1958. *The amphi-Atlantic plants and their phytogeographical connections*. Stokholm, 340 pp.

Hultén E., Fries M. 1986. *Atlas of North European vascular plants. North of the Tropic of Cancer.* Vols 1–3. Königstein: Koeltz Scientific Books, 1172 + xviii pp.

Ilyinska A., Didukh Ya., Burda R., Korotchenko I. 2007. *Ecoflora of Ukraine.* Vol. 5. Kyiv: Phytosociocentre, 584 pp. [Ільїнська Ф.П., Дідух Я.П., Бурда Р.І., Коротченко І.А. 2007. *Екофлора України*. Т. 5. Київ: Фітосоціоцентр, 584 с.].

iNaturalist. 2024–onward. Available at: https://www.inaturalist.org/taxa/79289-Subularia-aquatica (Accessed 08 November 2024).

Ivanova E.I. 1949. *Subularia*. In: *Flora BSSR*. T. 2. Eds N.A. Dorozhkin, M.P. Tomin. Minsk: Academy of Sciences of the Belarusian SSR, pp. 456–457. [Иванова Е.И. 1949. *Subularia*. В кн.: *Флора БССР.* Т. 2. Под ред. Н.А. Дорожкина, М.П. Томина. Минск: АН Белорусской ССР, с. 456–457].

Kleopov Yu.D. 1990. *Analysis of the flora of deciduous forests of the European part of the USSR*. Ed. D.N. Dobrochaeva. Kyiv: Naukova Dumka, 352 pp. [Клеопов Ю.Д. 1990. *Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР*. Отв. ред. Д.Н. Доброчаева. Киев: Наукова думка, 352 с.].

Kołodziejezyk J. 1916. Stosunki florýstyczne jeziora Świtezi. *Prace Towarzystwa Naukowego Warszawskiego. III. Widzial nauk matematycznych i pzzyrodniczych*, 13: 1–62.

Kotiranta H., Uotila P., Sulkava S., Peltonen S.-L. (eds.). 1998. *Red Data Book of East Fennoscandia*. Helsinki: Ministry of the Environment, Finnish Environment Institute & Botanical Museum, Finnish Museum of Natural History, 351 pp.

Kotov M.I. 1953. *Subularia*. In: *Flora URSR*. Vol. 5. Eds M.V. Kotov, O.D. Wissjulina. Kyiv: Vydavnytstvo AN URSR, pp. 428–429. [Котов М.І. 1953. Шилолисник — *Subularia*. В кн.: *Флора УРСР.* Т. 5. Ред. М.В. Котов, О.Д. Вісюліна. Київ: Видавництво Академії наук Української РСР, с. 428–429].

Kotov M.I. 1965. *Subularia*. In: *Vyznachnyk roslyn Ukrayiny.* Ed. D.K. Zerov. Kyiv: Urozhay, p. 331. [Котов М.І. 1965. *Subularia*. В кн.: *Визначник рослин України.* Відп. ред. Д.К. Зеров. Київ: Урожай, с. 331].

Kotov M.I. 1979. *Subularia.* In.: *Flora Partis Europaeae URSS.* Vol. 4. Ed. An.A. Fedorov. Leningrad: Nauka, pp. 71–73. [Котов М.И. 1979. *Subularia.* В кн.: *Флора европейской части СССР*. Т. 4. Ред. Ан.А. Федоров. Ленинград: Наука, с. 71–73].

Kozlovskaya N.V., Parfenov V.I. 1972. *Khorologiya flory Belorussii*. Minsk: Nauka i tekhnika, 312 pp. [Козловская Н.В., Парфенов В.И. 1972. *Хорология флоры Белоруссии*. Минск: Наука и техника, 312 с.].

Lansdown R.V. 2011. *Subularia aquatica* (Europe assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T167839A6393.* Available at: https://www.iucnredlist.org/species/167839/6393658 (Accessed 08 November 2024).

Łapczyński K. 1890. Zasiągi roślin krzyżowych w Królestwie Polskiem i w krajach sąsiednich. *Pamiętnik Fizijograficzny*, 10: 3–46.

Livre rouge de la flore menacèe de France. T. 1. *Espèces prioritaires.* 1995. Ed. J.-P. Roux. Paris, 621 pp.

Maiz-Tome L. 2016. *Subularia aquatica*. T*he IUCN Red List of Threatened Species 2016*: e.T167839A78457202. Available at: https://www.iucnredlist.org/species/167839/78457202 (Accessed 08 November 2024).

Mariné A.M., Lazare J.-J., Mazas R., 2017. Andorra. In: *Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation.* Eds H. Joosten, F. Tanneberger, A. Moen. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, pp. 243–247.

Markov M.V. 2007. Ontogenesis of water mudwort (*Limosella aquatica* L.). In: *Ontogeneticheskiy atlas rasteniy.* Vol. 6. Yoshkar-Ola: Mari State University, 2007, pp. 80–83. [Марков М.В. 2007. Онтогенез лужницы водной (*Limosella aquatica*). В кн.: *Онтогенетический атлас растений.* Т. 6. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, с. 80–83].

Meusel H., Jäger E., Weinert E. 1965. *Verleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora.* Bd. 1. Jena: G. Fischer Verlag, 583 pp.

Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. 1999. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv, xxiii + 345 pp.

Mjakushko T.Ja., Glagoleva N.G., Melnik S.K. 1979. Turchaninov's herbarium collection of type specimes of new species. *Ukrainian Botanical Journal*, 36(1): 85–90. [М'якушко Т.Я., Глаголєва Н.Г., Мельник С.К. 1979. Гербарна колекція типових зразків нових видів М.С. Турчанінова. *Український ботанічний журнал*, 36(1): 85–90].

Mulligan G.A., Calder J.A. 1964. The genus *Subularia* (*Cruciferae*). *Rhodora*, 66: 127–135.

Nowak J.S., Ono J., Cronk Q.C.B. 2010. Anatomical study of an aquatic mustard: *Subularia aquatica* (*Brassicaceae*). *Aquatic Botany*, 93(1): 55–58. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.02.004

Nyman C.F. 1878. *Conspectus Florae Europaeae*. Part I. Örebro (Sueciae), pp. 1–245.

Opredelitel vysshikh rasteniy Ukrainy. 1987. Eds Yu.N. Prokudin, D.N. Dobrochayeva, B.V. Zaverukha, V.I. Chopik, V.V. Protopopova, L.I. Kritskaya. Kyiv: Naukova Dumka, 548 pp. [*Определитель высших растений Украины*. 1987. Ред. Ю.Н. Прокудин, Д.Н. Доброчаева, Б.В. Заверуха, В.И. Чопик, В.В. Протопопова, Л.И. Крицкая. Киев: Наукова думка, 548 с.].

Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine N111 dated February 15, 2021: "On approval of lists of plant and mushroom species included in the Red Data Book of Ukraine (plant life) and plant and mushroom species excluded from the Red Data Book of Ukraine (plant life)". [*Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 15.02.2021 №111: Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ), та видів рослин та грибів, що виключені з Червоної книги України (рослинний світ)*]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text (Accessed 17 March 2024).

Paczosky I. 1897. Flora Poles'ya i prilezhashchikh mestnostey. [Part 1]. *Trudy Imperatorskogo S.-Peterburgskogo obshchestva estestvoispytateley: Otdelenie botaniki* (*Travaux de la Société Impériale des Naturalistes de Saint-Petersbourg: Section de Botanique*), 27(2): xviii + 260 c. [Пачоский И. 1897. Флора Полесья и прилежащих местностей. [Ч. 1]. *Труды Императорского С.-Петербургского общества естествоиспытателей, Отделение ботаники*, 27(2): xviii + 260 с.].

Parfenov V.M., Lyakavichyus A.A., Kozlovskaya N.V., Vynaev G.V., Yankavichene R.L., Balyavichene Yu.Yu., Lazdauskayte Zh.P., Lapele M.V. 1987. *Redkiye i ischezayushchiye vidy rasteniy Belorussii i Litvy*. Minsk: Nauka i tekhnika, 352 pp. [Парфенов В.М., Лякавичюс А.А., Козловская Н.В., Вынаев Г.В., Янкавичене Р.Л., Балявичене Ю.Ю., Лаздаускайте Ж.П., Лапеле М.В. 1987. *Редкие и исчезающие виды растений Белоруссии и Литвы*. Минск: Наука и техника, 352 с.].

Pryadko O.I., Didukh Ya.P. 2009. *Isoëtes lacustris.* In: *Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit* (*Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*). Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 11. [Прядко О.І., Дідух Я.П. 2009. *Isoëtes lacustris.* В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ.* Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 11].

POWO. 2024–onward. *Plants of the World Online*. Available at: http://powo.science.kew.org (Accessed 10 November 2024).

Rataj K, Horeman Y.T. 1977. *Aquarium plants: their identification, cultivation and ecology*. Neptune: T.F.H. Publications, 448 pp.

Red Data Book of Lithuania. 2007. Ed. V. Rašomavičius. Kaunas: Lututė, 800 pp.

Schmalhausen I.F. 1886. *Flora of South-Western Russia, or Governorates of Kiev, Volhynia, Podolia, Poltava, Chernigov, and adjacent territories*. Kyiv: O.V. Kulzhenko Publ., xlviii + 783 pp. [Шмальгаузен И. 1886. *Флора Юго-Западной России*. Т. 2. Киев: Тип. С.В. Кульженко, xlviii + 783 с.].

Schmalhausen I. 1895. *Flora of Central and Southern Russia, Crimea and the North Caucasus.* Vol. 1. Kiev [Kyiv]: Typography Kievskogo Universiteta, xxx + 468 pp. [Шмальгаузен И. 1897. *Флора Средней и Южной России, Крыма и Северного Кавказа.* Т. 1. Киев: Типография Киевского университета, xxx + 468 с.].

Sidorov V.M. 1897. Materialy dlya izucheniya Yekaterinoslavskoy flory. *Scriptis Botanicis*. 14: 1–126. [Сидоров В.М. 1897. Материалы для изучения Екатеринославской флоры. *Ботанические записки*, 14: 1–126].

***Subularia aquatica* (*Brassicaceae*), a phantom species of the Ukrainian flora**

H.A. CHORNA [1], O.I. SHYNDER [2], T.S. BAGATSKA [2]
[1] Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University,
2 Sadova Str., Uman 20301, Ukraine
[2] M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine,
1 Sadovo-Botanichna Str., Kyiv 01014, Ukraine

Abstract. The article provides an analysis of the current distribution patterns of a panboreal species *Subularia aquatica* and the species-specific ecological and coenotic conditions of its habitats. The species range within Europe has decreased due to climate aridization and eutrophication of water bodies. We found that in the historical past *S. aquatica* was erroneously reported for the flora of Ukraine from Vinnytsia Region due to the confusion of similar geographical names (the city of Mogilyov (Magileu) in Belarus on the Dnipro River and the city of Mohyliv-Podilskyi in Ukraine on the Dniester River). The record from Dnipropetrovsk Region has not been confirmed by a herbarium specimen and is apparently also incorrect due to the habitual similarity of *S. aquatica* at the early stages of ontogenesis with other miniature hydrophytes, especially *Limosella aquatica*. In view of this, we came to the conclusion that *S. aquatica*, a boreal species with a disjunct distribution, was erroneously reported for the flora of Ukraine and incorrectly included in the *Red Data Book of Ukraine* (2009, 2021). In our country, currently there are no suitable ecological and coenotic conditions for natural habitats of this species. Therefore, we believe that *S. aquatica* should be excluded from the *Red Data Book of Ukraine*.

Keywords: biodiversity, habitats reduction, *Red Data Book of Ukraine*

RED DATA BOOK OF UKRAINE
ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ

https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.424
RESEARCH ARTICLE

New records of a rare fungus *Tricholoma focale* (*Agaricales*) in Ukraine

Maryna M. SUKHOMLYN [1], Mariia V. PASAILIUK [2*], Nina M. FONTANA [3]
[1] Institute for Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine, 37 Lebedeva Str., Kyiv 03143, Ukraine
[2] Hutsulshchyna National Nature Park, 84 Druzhby Str., Kosiv 78600, Ukraine
[3] Department of Native American Studies, University of California, Davis, California, Shields Ave 1, 95616, USA
* Author for correspondence: *mariia.pasailiuk@gmail.com*

Abstract. New records of *Tricholoma focale*, a species listed in the *Red Data Book of Ukraine* as Vulnerable, are reported. During 2018–2021, we observed over 15 fruit bodies of the fungus near Kozyntsi village (Bucha District, Kyiv Region). Including our data, in total 15 localities of the fungus are known in Ukraine; ten of them are outside the territories designated as protected areas. Due to the ongoing military activities, four previously reported records are located within the temporarily occupied areas and thus are inaccessible for further observations. Conservation measures both *in situ* and *ex situ* to preserve the genetic diversity of *Tricholoma focale* are required.

Keywords: conservation, distribution, morphological characters, new localities, *Red Data Book of Ukraine*

Introduction

Tricholoma focale (Fr.) Ricken (*Tricholomataceae*, *Basidiomycota*) is a boreal species with a disjunct distribution, recorded in Europe, Asia, and North America (Herink, 1965; Brooks, 2009; Reschke et al., 2018). The fungus grows in sandy pine and pine-mixed forests, particularly in oligotrophic boreal heath and oligo-mesotrophic boreal forests. It was also found in wooded oligotrophic boreal heath grasslands and wooded coastal dunes, typically under *Pinus sylvestris* L., in September and October (Kalamees, 2010).

The main macroscopic morphological features for distinguishing the species are as follows. Cap 50–150 mm, at first hemispherical to obtusely conical with involute margin, later convex to plane, with a broad umbo, coarsely radially fibrillose, becoming finely scaly in marginal zone, viscid when moist, ochraceous orange, yellowish brown, orange brown or dark brick red with margin paler, warm buff, ochraceous or dark pinkish buff, often with honey to pale olivaceous streaks and spots, in young fruit bodies often with whitish, cottony remains of velum near margin. Stipe up to 40–140 mm long and 8–30 mm wide, cylindrical, often tapering towards

ARTICLE HISTORY. Submitted 19 April 2024. Revised 05 November 2024. Published 28 December 2024
CITATION. Sukhomlyn M.M., Pasailiuk M.V., Fontana N.M. 2024. New records of a rare fungus *Tricholoma focale* (*Agaricales*) in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(6): 424–432. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.424
© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

the root base, with a well-defined, felt-like fibrous ring. Above the ring, the stipe surface smooth, white or pink, while under the ring, the surface covered with soft felt reddish-brown scales, forming stripes. Flesh solid, white or pale pink; taste farinaceous, sometimes with a cucumber-like or rancid odor (Christensen, Heilmann-Clausen, 2013).

Throughout its extensive taxonomic history, *Tricholoma focale* has had numerous alternative (synonymic) names (https://www.mycobank.org/, https://www.speciesfungorum.org/). The fungus was first described in 1838 by Elias Magnus Fries as *Agaricus focalis* Fr. In 1879, the German mycologist Adalbert Ricken transferred the species to the genus *Tricholoma* (Ricken, 1915), and thus the currently accepted name *Tricholoma focale* has been established.

Tricholoma focale and some other species of the genus *Tricholoma* (Fr.) Staude, such as *T. bakamatsutake* Hongo, *T. caligatum* (Viv.) Ricken, *T. duciolens* Kytöv., *T. fulvocastaneum* Hongo, *T. magnivelare* (Peck) Redhead, *T. quercicola* M. Zang, *T. robustum* (Alb. & Schwein.) Ricken, and *T. zelleri* (D.E. Stuntz. & A.H. Sm.) Ovrebo & Tylutki are closely related to *T. matsutake* (S. Ito & S. Imai) Singer. However, *T. focale* lacks the characteristic aroma and taste of *T. matsutake* (Breitenbach, Kränzlin, 1991). None of the species listed above has been found in the Southern Hemisphere (Yun et al., 1997).

Some authors consider *Tricholoma focale* found in Europe to be highly likely identical (synonymous) to *T. robustum* that occurs in Japan. The species often grows alongside *T. matsutake*, so it is called matsutakemotoke (a matsutake indicator). Like the species mentioned above, it also lacks the distinctive odor of *T. matsutake* (Breitenbach, Kränzlin, 1991). Some authors consider *T. focale* and *T. robustum* to be the same species (Cuesta, Rodríguez, 2009). However, others believe that *T. robustum* may be a distinct species, with larger spores (6–7 × 4.5–5.5 μm) and larger fruiting bodies (Christensen, Heilmann-Clausen, 2013). The ITS data show that *Tricholoma focale* is quite distantly related to *T. matsutake* and allies, but rather closely related to *T. batschii* Gulden ex Mort. Chr. & Noordel. (Christensen, Heilmann-Clausen, 2013).

Tricholoma focale is a rare fungus, regarded as a threatened species in Europe (Ing, 1993). Currently, it is listed in the Red Lists of the Czech Republic (Holec, Beran, 2006), Bulgaria (Gyosheva, 2006), Hungary (Siller, Vasas, 1995), Spain (Cuesta, Rodríguez, 2009), and the United Kingdom (Evans et al., 2006). The fungus is considered a rare species in Estonia (Kalamees, 2010). *Tricholoma focale* has a conservation status of Vulnerable species in the *Red Data Book of Ukraine* (Prydiuk, 2009; https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21?lang=en#Text). Negative changes in fungus populations resulted from various factors, such as traditional gathering practice, deforestation leading to the destruction of forest ecosystems, forest fires, recreational activity in their habitats, etc. (Prydiuk, 2009).

Unlike *Tricholoma matsutake*, *T. focale* lacks commercial value primarily due to its rare status and poor taste (Zambonelli, Bonito, 2012). It is a mycorrhizal fungus classified as an edible mushroom of the fourth category, although some authors state that it may irritate the gastrointestinal tract (Patrick et al., 2009).

Nevertheless, scientists are keenly interested in studying this species because of its pharmacological and medicinal properties. *Tricholoma focale* shows promise in treating cancer, as researchers have extracted and isolated a new type of steroids with three biologically active antitumor components from its fruit bodies (Singeç et al., 2017). The species has been found to possess antioxidant properties. Additionally, the fatty acid profile of the fruit bodies is notable, with oleic acid being the primary acid (35.0%), along with palmitic acid (5.12%) and high content of linoleic acid (31.0%) (Kaplaner et al., 2017).

In this article, the first reports of *Tricholoma focale* in Kyiv Region are provided, as well as details of the macroscopic and microscopic features of the fungus, along with the analysis of its previously known occurrences in Ukraine.

Materials and Methods

Field observations took place in Kyiv Region in 2018–2021. The macromorphological characteristics of fresh fruit bodies were described based on fresh material and documented with field notes and photographs. For species identification, various literature sources were used (Noordeloos, Christensen, 1999; Riva, 2003; Galli, 2005; Kibby, 2010; Heilmann-Clausen et al., 2017; Şen, Alli, 2019). Microscopy of spores and hymenium was conducted using a Primo Star light microscope (Carl Zeiss, Germany) equipped with Canon A 300 camera, using AxioVision 4.7. Thirty spores per sample were measured,



Fig. 1. *Tricholoma focale*, fruit bodies *in situ*, Kozyntsi village, Kyiv Region

where present. The total number of measured spores is 300. For scanning electron microscope (SEM) analysis, small pieces of hymenial lamellae were placed on metal stubs, then sputter-coated with gold and observed under SEM (Jeol 6060LA, Japan).

Results

New occurrences of *Tricholoma focale* were observed by M.M. Sukhomlyn on 13 October 2018, 19 October 2019, and 21 October 2021 in a pine forest near Kozyntsi village (Irpin territorial community, Bucha District, Kyiv Region, Ukraine, N50°30'06", E30°03'30"). More than 15 fruit bodies of *T. focale* were found in one location, within about 50 meters from each other, on sandy soil in *Pinus sylvestris* plantations (Fig. 1). Some fruit bodies of *T. focale* were observed already collected and left on the ground, being confused by mushroom gatherers with other edible mushrooms. It is worth noting that these are the first records of the fungus reported for the central part of Ukraine.

Macroscopic characters

Caps of the observed fruit bodies ranged from 30 to 135 mm in diam. (Fig. 1) and varied in color from orange-brown to reddish-brown. In young non-sporulating fruit bodies, the caps were convex or convex-flattened in shape (Fig. 2A) and sticky to the touch. At the sporulation stage (in mature basidiomata), the caps were flat-spread with a noticeable radial elevation at the center, not sticky and relatively dry (Fig. 2B). In terms of consistency, the caps are moderately fleshy, predominantly brick-red, with remnants of the cover. With age, the caps become cracked. The hymenophore is lamellar (Fig. 2C). In mature fruit bodies, the gills are thin, dense, pale-yellowish in color, firmly attached to the stem by a notch. When pressed, the mature gills exhibit reddish-brown coloration and are firmly attached to the mushroom stem. The stems range from 45–100 mm in length and are 10–20 mm thick. Positioned centrally on the caps, the stems taper slightly towards a root-like base. The ring, two-thirds up above stem base, appears leathery with reddish-brown hues. The ring divides the stem visually and chromatically: the upper portion under the cap is predominately white, while the area below the ring shows reddish-brown tones (Fig. 2D). The fungus flesh is elastic, white in color, with a scent and taste that is mealy, and with a slightly bitter taste. KOH on the cap surface changes color from dark to bright red.

Microscopic characters

Basidiospores smooth, ellipsoid, colorless, 3.5–5.5 × 2.5–3.5 μm (Figs. 3, 4A–D).

Discussion

Having analyzed the literature data, we found information about 15 reports of the species from eight regions of Ukraine (Table 1). Of them, seven records are located in Poltava Region, two in Luhansk Region, and one location in each of Mykolaiv, Dnipropetrovsk, Kherson, Volyn, Ivano-Frankivsk, and Kyiv Regions (including our report).



Fig. 2. Fruit bodies of *Tricholoma focale*. A: young fruit body; B: mature fruit body; C: mature fruit body showing hymenophore; D: mature fruit body showing hymenophore and ring on the stem

The first occurrences of the fungus as separate fruit bodies were documented in 1960 from seven localities in Zavorsklyanskyi mixed (subboreal) forests, along the pine terrace of the Vorskla River, within modern Poltava District in Poltava Region (Hanzha, 1960) (Table 1). After that, there were no more findings in this area, and all reports of this fungus in Poltava Region derive from these original records (Besedina, Stetsiuk, 2010).

Subsequently, the fruit bodies were discovered in the Pervomaisk forestry of Mykolaiv Region, within pine plantations (Sheliah-Sosonko et al., 1996). The reports of the fungus from Poltava and Mykolaiv regions were included in the first edition of the *Red Data Book of Ukraine* (Sheliah-Sosonko et al., 1996). In the second edition of the *Red Data Book of Ukraine* (2009), the reports from Poltava, Dnipropetrovsk, Luhansk, and Kherson regions were added, one from each region (Taran et al., 1989; Prydiuk, 2005; Prydiuk, 2009). As a result, in that edition seven records of the species in Poltava Region are presented as one locality, while the record from Mykolaiv Region is omitted.

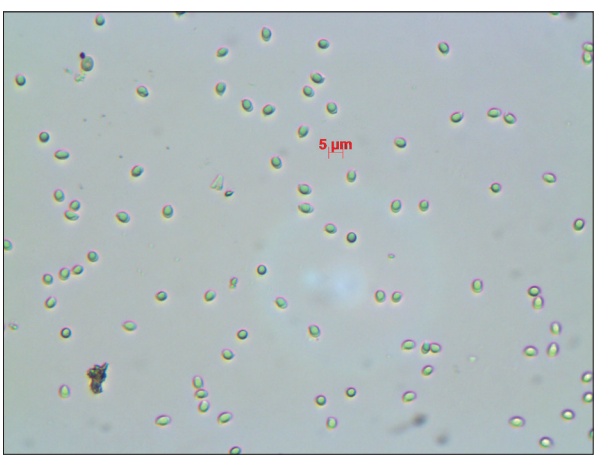


Fig. 3. Spores of *Tricholoma focale* (LM)

The additional localities of the fungus in the second edition of the *Red Data Book of Ukraine* are as follows: one in Dnipropetrovsk Region, in Prysamarskyi forest (Taran et al., 1989), two in Luhansk Region (one near Provallya village, Dovzhansk District, within the Provalskyi Step unit of Luhansk Nature Reserve: Dudka et al., 2009, one

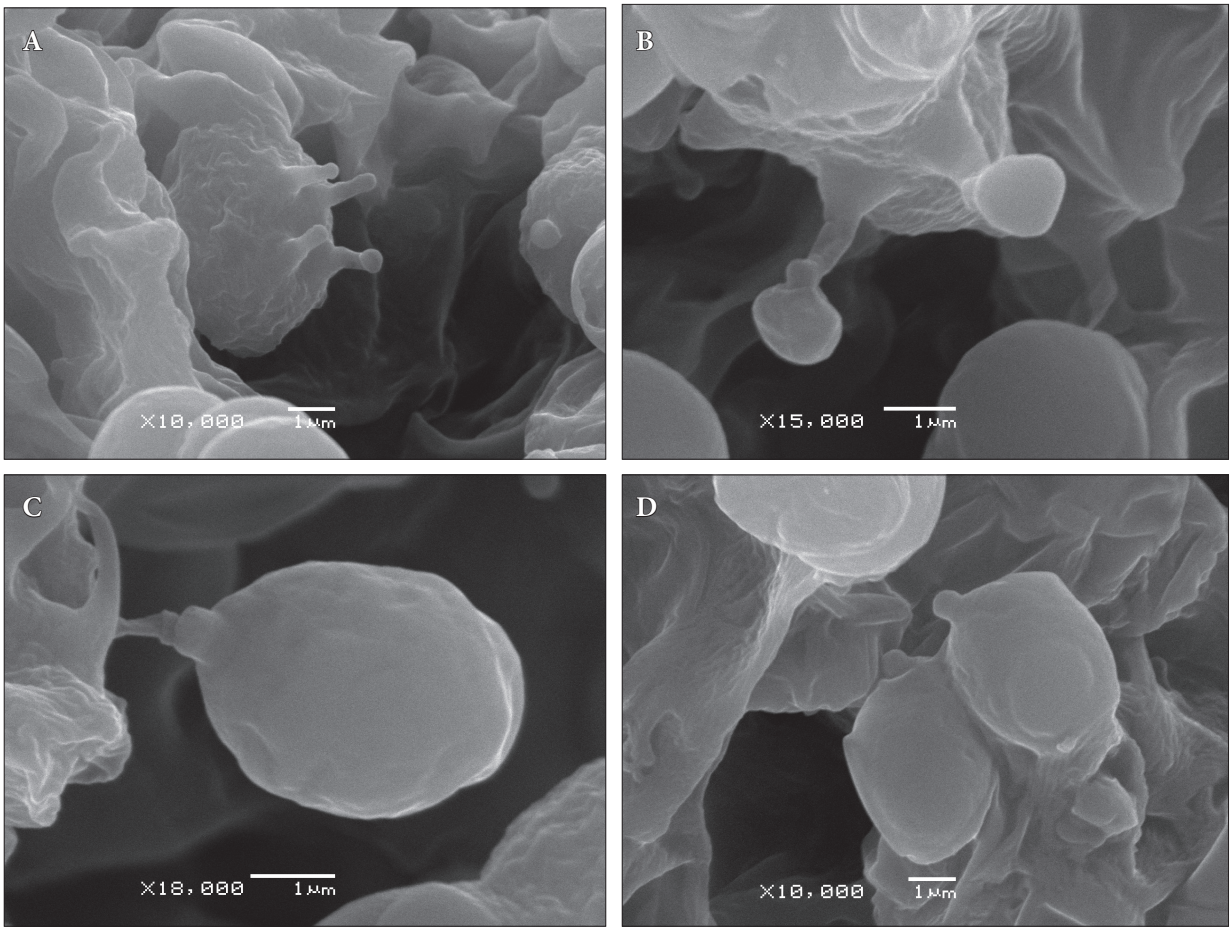


Fig. 4. *Tricholoma focale*, hymenium elements (SEM). A: basidia with sterigmata; B: young basidiospores on sterigmata; C: basidiospore on sterigma; D: basidiospores with apiculi. Scale: 1 μm

more in the Prydintsivska floodplain, Stanychno-Luhansk section of Luhansk Nature Reserve, in a pine forest, 3 km east of Khrystove village: Prydiuk, 2005), and another one in Kherson Region (near Olhivka village, Beryslav District: Prydiuk, 2009). These locations correspond to the Left Bank Forest-Steppe, Left Bank Grass Meadow Steppe, Starobilsk Grass Meadow Steppe, and Right Bank Grass Steppe, respectively (Prydiuk, 2009).

Tricholoma focale was also found by V.P. Heluta and O.P. Vysotska on 25 September 2008 in a pine forest, 2 kilometers north of the village of Zarudchi (Kamin-Kashyrskyi District, Volyn Region) (Heluta et al., 2010). This area is located within the Prypiat-Stokhid National Nature Park (NNP). This location is not reported in the *Red Data Book of Ukraine* (2009). In 2009, the fungus was also listed as an endangered species in the inventory of rare species of the eastern Ukraine (Leshan, Pakhomov, 2009).

The species was also recorded in Hutsulshchyna National Nature Park (Kosiv District, Ivano-Frankivsk Region) as early as 2005 (Baziuk-Dubei, 2010). For some time, Hutsulshchyna NNP was the only protected area in western of Ukraine with a single location of this fungus (Dudka et al., 2009; Dudka et al., 2019). However, in 2020 the fungus was rediscovered in the NNP by S.I. Fokshei and O.O. Pohribniy (2021).

Many records of this rare species in Ukraine are reported from the protected areas, as a trend attributed to the increased research efforts by mycologists within these regions. Additionally, reserve territories provide better protection for rare species (see Table 1). However, *Tricholoma focale* faces a different scenario. The temporarily occupation

Table 1. **A list of known localities of *Tricholoma focale* in Ukraine**

No.	Locality	Nature protection status of the area	Accessibility of the site *	Year of the report
1	Poltava Region, Poltava District (former Kyshenky District), Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
2	Poltava Region, Poltava District (former Kobelyaky District), Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
3	Poltava Region, Poltava District (former Novi Sanzhary District), Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
4	Poltava Region, Poltava District (former Poltava District) Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
5	Poltava Region, Poltava District (former Dykanka District), Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
6	Poltava Region, Poltava District (former Opishnya District) Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
7	Poltava Region, Poltava District (former Kotelva District) Zavorsklyanskyi mixed forests on the pine terrace of the Vorskla River	–	Available to visit	1960
8	Mykolaiv Region, Pervomaysk District, Pervomaysk forestry	–	Available to visit	1996
9	Dnipropetrovsk Region, Pavlohrad District, Prysamarskyi forest	–	Available to visit	1989
10	Luhansk Region, Luhansk District, 3 km east of Khristove village, Prydintsivska floodplain, Stanychno-Luhanske branch of Luhansk Nature Reserve, pine forest	Luhansk Nature Reserve	Temporarily occupied	2005
11	Luhansk Region, Dovzhansk District, Provallia village, Provalsky Steppe branch of Luhansk Nature Reserve	Luhansk Nature Reserve	Temporarily occupied	2009
12	Kherson Region, Beryslav District, vicinity of Olhivka village	Nyzhnodniprovskyi National Nature Park	Temporarily closed to the public	2009
13	Volyn Region, Kamin-Kashyrskyi District, Zarudchi village	Prypiat-Stokhid National Nature Park	Partially restricted to visit	2008
14	Ivano-Frankivsk Region, Kosiv District	Hutsulshchyna National Nature Park	Available to visit	2010, 2020
15	Kyiv Region, Bucha District, near Kozyntsi village	–	Available to visit	This study

* The restricted access due to russian aggression is provided here according to the website of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine: https://wownature.in.ua/karta/.

of Ukraine by the aggressor state, forest clearance, trenching, timber harvesting, forest fires, and active combat operations are detrimental to the preservation of natural habitats and pose a significant threat to the survival of flora and fauna.

Thus, out of 15 known records of the species, ten are located outside protected areas. Four of them are not currently accessible for further observation due to ongoing military activities nearby. For the rare species, such access is essential for updating information on their distribution, particularly in those regions where occurrence data has been lacking for an extended period.

It is noteworthy that in all previously documented sites, solitary fruit bodies were observed, typically no more than two or three fruit bodies. In

contrast, the currently reported site yielded over 15 fruit bodies, making it the most abundant location recorded in Ukraine. Given that this species was found in an area without any protected status, it is crucial to implement conservation measures such as establishing conservation zones, disseminating relevant information, and enforcing appropriate environmental regulations within the area.

Conclusion

In Ukraine, new records of *Tricholoma focale* were observed in Kyiv Region in 2018, 2019, and 2021, with over 15 fruit bodies. The occurrence of this fungus in Ukraine is quite rare and sporadic. Currently, 15 locations of the species in eight administrative regions of Ukraine are known: seven locations in Poltava Region, two in Luhansk Region, and one in each of Mykolaiv, Dnipropetrovsk, Kherson, Volyn, Ivano-Frankivsk, and Kyiv regions (including our discovery).

Of the 15 known records of the species, ten are located in the areas that do not have protected status (not included into the nature reserve fund of the country). For four of these locations, due to military actions and temporarily occupation of Ukraine's territory by the aggressor state, there is no possibility to conduct further research in the area, where the information on the species occurrence has not been updated already for quite a long time. Thus, there are no guarantees for preservation of the species in these areas.

Therefore, in our opinion, thorough observations of the areas, where *T. focale* was previously found, should be conducted after the end of the war and subsequent demining efforts to develop conservation measures both *in situ* and *ex situ*. Although we have been unable to isolate the fungus in pure culture, due to reported successful results in cultivating *T. focale* on artificial media (Sánchez et al., 2001), it can be suggested that attempts to obtain pure cultures for gene pool preservation of the fungus remain relevant.

Acknowledgements

The authors express their sincere gratitude to Nataliia S. Novichenko (Technical Centre, NAS Ukraine) for her assistance with scanning electron microscopy.

ETHICS DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

M.M. Sukhomlyn: https://orcid.org/0000-0001-6573-9699
M.V. Pasailiuk: https://orcid.org/0000-0001-6103-1247
N.M. Fontana: https://orcid.org/0000-0002-9622-103X

REFERENCES

Baziuk-Dubei I.V. 2010. Fungi of Hutsulshchyna National Nature Park. *Scientific Bulletin of UNFU*, 20(16): 118–128. [Базюк-Дубей І.В. 2010. Мікофлора Національного природного парку "Гуцульщина". *Науковий вісник НЛТУ*, 20(16): 118–128].

Besedina I.S., Stetsiuk N.O. 2010. Status of conservation and protection of rare mycobiota in Poltava Region (Ukraine). In: *Proceeding of the 1st International Conference "The Plant Kingdom in the Red Data Book of Ukraine: Implementing the Global Strategy for Plant Conservation"*. Eds Ya.P. Didukh, I.O. Dudka. Kyiv: Alterpress, pp. 215–217. [Беседіна І.С., Стецюк Н.О. 2010. Стан збереження та охорони раритетної мікобіоти на території Полтавської області (Україна). В зб.: *Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин. Матеріали 1 міжнародної конференції (Київ, 11–15 жовтня 2010 р.)*. Ред. Я.П. Дідух, І.О. Дудка. Київ: Альтерпрес, с. 215–217].

Breitenbach J., Kränzlin F. 1991. *Fungi of Switzerland*. Vol. 3. *Boletes and Agarics*. Part 1. Mycological Society of Lucerne, 360 pp.

Brooks P.J. 2009. *Blue Mountain National Forests Rare Fungi Information Gathering and Surveys. Interagency Special Status Species Program (ISSSP)*. Project Report, 112 pp. Available at: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=-j&opi=89978449&url=https://studylib.net/doc/10555728/blue-mountain-national-forests-rare-fungi-information-gat...&ved (Accessed 21 May 2024).

Holec J., M. Beran M. (eds.). 2006. *Červený seznam hub (makromycetů) České republiky*. Praha: Příroda, 37 pp. Available at: http://www.eccf.eu/Czech07.pdf

Christensen M., Heilmann-Clausen J. 2013. *The genus Tricholoma*. In: *Fungi of Northern Europe*. Vol. 4. Svampetryk, 228 pp.

Cuesta J.J., Rodríguez N.S. 2009. Láminas de hongos: *Tricholoma focale* (Fr.) Ricken. *Foresta*, 42.

Dudka I.O., Heluta V.P., Andrianova T.V., Hayova V.P., Tykhonenko Y.Y., Prydiuk M.P., Holubtsova Y.I., Krivomaz T.I., Dzhagan V.V., Leontyev D.V., Akulov O.Y., Syvokon O.V. 2009. *Fungi of nature reserves and national nature parks of the Left Bank of Ukraine*. Vol. 1. Kyiv: Aristey, 306 pp. [Дудка І.О., Гелюта В.П., Андріанова Т.В., Гайова В.П., Тихоненко

Ю.Я., Придюк М.П., Голубцова Ю.І., Кривомаз Т.І., Джаган В.В., Леонтьєв Д.В., Акулов О.Ю., Сивоконь О.В. 2009. *Гриби заповідників та національних природних парків Лівобережної України*. Т. 1. Київ: Арістей, 306 с.].

Dudka I.O., Heluta V.P., Prydiuk M.P., Tykhonenko Yu.Ya., Akulov O.Yu., Hayova V.P., Zykova M.O., Andrianova T.V., Dzhagan V.V., Shcherbakova Yu.V. 2019. *Fungi of nature reserves and national nature parks of the Ukrainian Carpathians*. Ed. V.P. Heluta. Kyiv: Naukova Dumka, 215 pp. [Дудка І.О., Гелюта В.П., Придюк В.П., Тихоненко Ю.Я., Акулов О.Ю., Гайова В.П., Зикова М.О., Андріанова Т.В., Джаган В.В., Щербакова Ю.В. 2019. *Гриби заповідників і національних природних парків Українських Карпат*. Ред. В.П. Гелюта. Київ: Наукова думка, 215 с.].

Evans S., Henrici A., Ing B. 2006. *Red Data List of Threatened British Fungi*. Available at: https://www.britmycolsoc.org.uk/application/files/2013/3537/5755/RDL_of_Threatened_British_Fungi.pdf (Accessed 21 May 2024).

Fokshei S., Pohribniy O. 2021. Doslidzhennya ridkisnykh vydiv mikobioty na terytoriyi NPP "Hutsulshchyna" v 2020 rotsi. In: *Materialy XXII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Ekolohiya. Lyudyna. Suspilstvo"*. Kyiv, pp. 80–84. [Фокшей С.І., Погрібний О.О. Дослідження рідкісних видів мікобіоти на території НПП "Гуцульщина" в 2020 році. В зб.: *Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції "Екологія. Людина. Суспільство" (Київ, 20–21 травня 2021р.)*. Київ, с. 80–84.

Galli R. 2005. *I tricolomi. Atlante pratico-monografico per la determinazione del genere Tricholoma (Fr.) Staude*. Milano, Italy: Dalla Natura, pp. 38–57.

Gyosheva M. 2006. *Tricholoma focale*. Available at: http://e-ecodb.bas.bg/rdb/en/vol1/Trifocal.html (Accessed 29 February 2024).

Hanzha R.V. 1960. Hryby poryadku Agaricales Zavorsklyanskykh suboriv. *Ukrainian Botanical Journal*, 17(5): 72–84. [Ганжа Р.В. 1960. Гриби порядку *Agaricales* Заворсклянських суборів. *Український ботанічний журнал*, 17(5): 72–84].

Heilmann-Clausen J., Christensen M., Frøslev T.G., Kjøller R. 2017. Taxonomy of *Tricholoma* in northern Europe based on ITS sequence data and morphological characters. *Persoonia*, 38: 38–57. https://doi.org/10.3767/003158517X693174

Heluta V.P., Vysotska O.P., Besedina I.S. 2010. Agaricoid fungi of National Nature Park "Pryp'yat-Stokhid". *Pryroda Zakhidnoho Polissya ta prylehlykh terytoriy*, 7: 91–102. [Гелюта В.П., Висоцька О.П., Бесєдіна І.С. 2010. Агарикоїдні гриби Національного природного парку "Прип'ять-Стохід". *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*, 7: 91–102].

Herink J. 1965. Čirůvka limcova — *Tricholoma focale* (Fries) Ricken. *Czech Mycology*, 19(3): 142–154.

Ing B. 1993. Towards a Red List of endangered European macrofungi. In: Pegler D.N., Boddy L., Ing B., Kirk P.M. (eds.). *Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation.* Royal Botanic Gardens Kew, pp. 231–238.

Kalamees K. 2010. Checklist of the species of the genus *Tricholoma* (*Agaricales*, *Agaricomycetes*) in Estonia. *Folia Cryptogamica Estonica*, 47: 27–36.

Kaplaner E., Singeç M.H., Öztürk M. 2017. Fatty acid composition and antioxidant activity of *Tricholoma imbricatum* and *T. focale*. *Turkish Journal of Agriculture — Food Science and Technology*, 5(9): 1080–1085. https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i9.1080-1085.1291

Kibby G. 2010. The genus *Tricholoma* in Britain. *Field Mycology*, 11: 113–140. https://doi.org/10.1016/j.fldmyc.2010.10.004

Leshan T.A., Pakhomov O.Y. 2009. Rarytetnyi fond bazydiomitsetiv skhodu Ukrainy. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Series Biology. Ecology* (*Biosystems Diversity*), 17(1): 115–120. [Лешан Т.А., Пахомов О.Є. 2009. Раритетний фонд базидіоміцетів сходу України. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія*, 17(1): 115–120].

Noordeloos M.E., Christensen M. 1999. Genus *Tricholoma*. In: *Flora Agaricina Neerlandica*. Vol. 4. Eds C. Bas, Th.W. Kuyper, M.E. Noordeloos, E.C. Vellinga. Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, pp. 107–148.

Patrick L.W., Lindgren J., Horowitz B.Z. 2009. *Amanita smithiana* mushroom ingestion: a case of delayed renal failure and literature review. *Journal of Medical Toxicology*, 5(1): 32–38. https://doi.org/10.1007/BF03160979

Prydiuk M.P. 2005. Basidiomycetes of Luhansk Nature Reserve. *Collection of scientific work of LNAU. Biological sciences. Special issue*, 56(79): 69–92. [Придюк М.П. 2005 Базидіоміцети Луганського природного заповідника. *Збірник наукових праць ЛНАУ. Біологічні науки. Спеціальний випуск*, 56(79): 69–92].

Prydiuk M.P. 2009. *Tricholoma focale*. In: *Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 836. [Придюк М.П. 2009. *Tricholoma focale*. В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ*. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 836].

Reschke K., Popa F., Yang Z.L., Kost G. 2018. Diversity and taxonomy of *Tricholoma species* from Yunnan, China, and notes on species from Europe and North America. *Mycologia*, 110(6): 1081–1109. https://doi.org/10.1080/00275514.2018.1512295

Ricken A. 1915. *Die Blätterpilze (Agaricaceae) Deutschlands und der angrenzenden Länder, besonders Oesterreichs und der Schweiz*. Leipzig: T.O. Weigel, 480 S.

Riva A. 2003. *Tricholoma*. In: *Fungi Europaei.* Vol. 3. Origgio: Edizioni Candusso, 202 pp.

Sánchez F., Honrubia M., Torres P. 2001. Effects of pH, water stress and temperature on *in vitro* cultures of ectomycorrhizal fungi from Mediterranean forests. *Cryptogamie Mycologie*, 22: 243–258. http://dx.doi.org/10.1016/S0181-1584(01)01076-4

Şen I., Alli H. 2019. *Tricholoma* (Fr.) Staude in the Aegean region of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 43(6): 817–830. https://doi.org/10.3906/bot-1812-52

Sheliah-Sosonko Yu.R., Wasser S.P., Dudka I.O. 1996. *Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*. Kyiv: Ukrainska entsyklopediia, p. 638. [Шеляг-Сосонко Ю.Р., Вассер С.П., Дудка І.О. 1996. *Червона книга України. Рослинний світ*. Відп. ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко. Київ: Українська енциклопедія, с. 638].

Siller I., Vasas G. 1995. Red list of macrofungi of Hungary (revised edition). *Studia Botanica Hungarica*, 26: 7–14.

Singeç M.H., Kaplaner E., Öztürk M. 2017. Isolation of biological compounds from *Tricholoma focale*. In: *I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants: "Natural and Healthy life" (May 10–12, 2017)*. Konya, p. 1508.

Taran N.A., Soldatova I.M., Wasser S.P. 1989. Macrofungi of Prysamars'kyi forest. In: *Biogeotsenologicheskie issledovaniya lesov tekhnogennykh landshaftov stepnoy Ukrainy*. Dnipropetrovsk: DGU, pp. 58–73. [Таран Н.А., Солдатова И.М., Вассер С.П. 1989. Макромицеты Присамарского леса. В кн.: *Биогеоценологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной Украины*. Днепропетровск: ДГУ, с. 58–73].

Yun W., Hall I.R., Evans L.A. 1997. Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies 1. *Tricholoma matsutake* and related fungi. *Economic Botany*, 51(3): 311–327. https://doi.org/10.1007/BF02862101

Zambonelli A., Bonito G. 2012. *Edible ectomycorrhizal mushrooms. Current knowledge and future prospects*. Berlin: Springer-Verlag, 284 pp.

Нові знахідки рідкісного гриба *Tricholoma focale* (*Agaricales*) в Україні

М.М. СУХОМЛИН [1], М.В. ПАСАЙЛЮК [2], Н.М. ФОНТАНА [3]
[1] Інститут еволюційної екології НАН України, вул. Лебедєва 37, Київ 03143, Україна
[2] Національний природний парк "Гуцульщина", вул. Дружби 84, Косів 78600, Україна
[3] Каліфорнійський університет, Дейвіс, Каліфорнія, США

Реферат. Вид *Tricholoma focale* включений до Червоної книги України зі статусом "вразливий". У 2018–2021 рр. ми виявили новий локалітет гриба поблизу села Козинці (Ірпінська територіальна громада, Бучанський район, Київська область), де спостерігали його масове плодоношення — понад 15 екземплярів. Ми встановили, що разом із нашими даними в Україні загалом відомо 15 місцезнаходжень гриба; з них 10 локалітетів знаходяться поза межами територій, які мають статус природно-заповідних. Встановлено також, що повторні дослідження чотирьох попередніх місцезнаходжень є неможливими через недоступність цих територій внаслідок російського вторгнення в Україну та воєнні дії. Необхідно розробити заходи охорони *T. focale in situ* та виділити цей вид в чисту культуру для збереження його генетичного різноманіття *ex situ*.

Ключові слова: збереження, морфологічні ознаки, нові локалітети, поширення, Червона книга України

MYCOLOGICAL RECORDS
МІКОЛОГІЧНІ ЗНАХІДКИ

https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.433
RESEARCH ARTICLE

Нові для України представники родів *Bolbitius* і *Conocybe* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*)

Микола П. ПРИДЮК
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна
Адреса для листування: *prydiuk@gmail.com*

Реферат. Стаття містить дані про знахідки деяких нових та рідкісних для України таксонів із родів *Bolbitius* і *Conocybe*. Два види (*Conocybe ambigua*, *C. rickenii*) та один різновид (*Bolbitius titubans* var. *olivaceus*) знайдені в Україні вперше, в той час як для чотирьох видів (*Conocybe macrocephala*, *C. macrospora*, *C. subpallida* та *C. subpubescens*) і одного різновиду (*Conocybe subxerophytica* var. *brunnea*) виявлені нові місцезнаходження. Для всіх вищезгаданих таксонів наведені дані щодо розповсюдження в Україні та світі. Для нових в нашій країні видів та різновидів також додані описи та оригінальні рисунки макро- та мікроознак.

Ключові слова: нові знахідки, рідкісні види, різновид, розповсюдження, *Agaricales*, *Bolbitius*, *Conocybe*

Вступ

Представники родини *Bolbitiaceae* (*Agaricales*, *Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) довгий час привертали дуже мало уваги з боку українських мікологів. Так, у відповідному томі "Визначник грибів України" (Zerova et al., 1979) було наведено лише 10 видів із вказаної родини. Стан вивченості цієї групи значно покращився з виходом тому "Флори грибів України", присвяченого саме цій родині (а також родині *Coprinaceae*), де вже були наведені дані про 50 видів цієї родини (Prydiuk, 2015). Проте видовий склад *Bolbitiaceae* в нашій країні все ще не можна вважати дослідженим повністю. Наприклад, вже після виходу монографії (Prydiuk, 2019) було знайдено кілька нових для України видів та різновидів з цієї родини, і нові знахідки продовжують траплятися. Зокрема протягом останніх кількох років вдалося виявити низку нових для України таксонів родини, а також нові локалітети деяких вже відомих у нас видів та різновидів. Саме про них і йдеться у цій статті.

Матеріали та методи

Форму і розміри плодових тіл описували за свіжозібраними екземплярами. Деталі мікроско-

ARTICLE HISTORY. Submitted 10 July 2024. Revised 27 November 2024. Published 28 December 2024
CITATION. Prydiuk M.P. 2024. New for Ukraine representatives of the genera *Bolbitius* and *Conocybe* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*). *Ukrainian Botanical Journal*, 81(6): 433–442. [In Ukrainian]. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.433
© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

пічної будови грибів досліджували на сухих карпофорах. Розміри спор, наведені в статті, ґрунтуються на вимірах 20 випадково відібраних екземплярів (у т. ч. найменшого та найбільшого) з одного й того ж плодового тіла. Для інших мікроструктур міряли по 10 об'єктів.

У статті використані такі умовні позначення: av. L — середня довжина спори; av. B — середня ширина спори; L — число довгих пластинок гіменофору (які досягають ніжки); l — число коротких пластинок (які не торкаються ніжки) між двома довгими; Q — відношення довжини спори до її ширини (квотієнт); av. Q — середнє значення квотієнта. Для всіх значень (довжина, ширина та квотієнт) розраховували також величину стандартного відхилення (цифра після знаку ±). Для розрахунків використовували програму Microsoft Excel 2003. Всі розглянуті зразки, окрім спеціально відзначених, зібрані автором і зберігаються в Національному гербарії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW-M).

Результати та обговорення

Загалом було знайдено два види (*Conocybe ambigua* Watling та *C. rickenii* (Jul. Schäff.) Kühner) і один різновид (*Bolbitius titubans* var. *olivaceus* (Quél.) Arnolds), що виявилися новими для України. Для чотирьох видів (*Conocybe macrocephala* Kühner & Watling, *C. macrospora* (G.F. Atk.) Hauskn., *C. subpallida* Enderle та *C. subpubescens* P.D. Orton) і одного різновиду (*Conocybe subxerophytica* var. *brunnea* Hauskn.) були зареєстровані нові місцезнаходження. Більшість вищеназваних таксонів (окрім *Conocybe ambigua*) вже вказувалися у відповідному томі "Флори грибів України" (Prydiuk, 2015) як потенційно вірогідні на території нашої країни, і для них були наведені повні діагнози, складені за літературними даними. Для таких таксонів нижче наводяться оновлені описи з урахуванням результатів вивчення новознайдених українських зразків, а також додаються оригінальні рисунки та фото. Для *Conocybe ambigua* надані оригінальні опис, світлини плодових тіл і рисунки макро- та мікроознак. Для вже відомих з України видів та різновидів додаємо лише оригінальні світлини їхніх карпофорів, а також актуальні дані про розповсюдження їх в Україні та світі. Всі нижчеописані таксони наведені в алфавітному порядку.

***Bolbitius titubans* (Bull.) Fr. var. *olivaceus* (Quél.) Arnolds,** Persoonia 18(2): 204. 2003. — Рис. 1A, 2.

Bolbitius vitellinus var. *olivaceus* Quél., Bull. Soc. bot. Fr. 23: 329. 1877 [1876]. – *Pluteolus vitellinus* var. *olivaceus* (Quél.) Quél., C. r. Assoc. Franç. Avancem. Sci. 18(2): 510. 1890. [1889]. – *Bolbitius variicolor* G.F. Atk., Studies Amer. Fungi: 164. 1900. – *Mycena variicolor* (G.F. Atk.) Murrill, N. Amer. Fl. 10: 191. 1917. – *Bolbitius vitellinus* var. *variicolor* (G.F. Atk.) Krieglst., Beitr. Kenntn. Pilze Mitteleur. 7: 62. 1991.

Шапинка 1,5–5,0 см завш., спочатку округла, яйцеподібна, конічнодзвоникоподібна, пізніше опукла, опуклорозпростерта до плоскорозпростертої, з невеличкою випуклістю в центрі, радіальнорубчаста на 1–2 третини радіусу шапинки, в центрі грубозморшкувата до сітчасто-жилкуватої (жилки дещо темніші, аніж основний фон), слизиста, спочатку вохристо-жовта, оливково-жовта до оливково-коричневої, пізніше, починаючи з країв, стає блідо-коричнюватою, зберігаючи жовтувате або зеленкувате забарвлення лише в центрі. Пластинки вільні, густі (L = 28–50, l = 1–3), випуклі, до 0,3 см завш., спочатку білуваті до солом'яно-жовтих, скоро стають блідо-сірувато-коричневими, пізніше жовто-коричневими до коричнювато-оранжевих, з блідим дрібноторочкуватим краєм, розпливаються під час дозрівання. Ніжка 4,0–10,0 × 0,3–1,0 см, дещо звужується догори, з булавоподібною основою, трубчаста, повністю борошнисто-зерниста, біла, блідо-жовта, жовта до лимонно-жовтої. М'якуш в шапинці до 0,2 см завтов., оливково-жовтий, в ніжці білий до світло-жовтого. Без особливого запаху та смаку. Споровий порошок світло-іржаво-коричневий.

Спори (10,0–)10,5–14,0 × (6,0–)6,5–8,5(–9,0) мкм, Q = 1,43–1,86; av. L = 12,0 ± 0,96 мкм, av. B = 7,1 ± 0,8 мкм, av. Q = 1,54 ± 0,14; дещо сплюснуті, анфас видовженояйцеподібні та еліпсоподібні, в профіль еліпсоподібні до дещо мигдалеподібних, з центральною ростовою порою до 2 мкм завш., товстостінні, медово-жовті у воді, жовто-коричневі до оранжево-коричневих в КОН, прозорі. Базидії 17–25 × 11–13 мкм, булавоподібні, 4-спорові, оточені 4–6 псевдопарафізами кожна. Хейлоцистиди 25–65 × 12–25 мкм, булавоподібні, пляшкоподібні та мішкоподібні, з верхівкою 6–12 мкм завш., численні. Плевроцистиди та пілоцистиди відсутні. Каулоцистиди



Рис. 1. Плодові тіла. A: *Bolbitius titubans* var. *olivaceus* (фото О.М. Балагури); B: *Conocybe macrocephala*; C: *Conocybe subpubescens*; D: *Conocybe ambigua;* E: *Conocybe macrospora*; F: *Conocybe subpallida*; G: *Conocybe subxerophytica* var. *brunnea*. Масштаб лінійки: 1 см

Fig. 1. Fruit bodies of A: *Bolbitius titubans* var. *olivaceus* (photo by O.M. Balahura); B: *Conocybe macrocephala*; C: *Conocybe subpubescens*; D: *Conocybe ambigua;* E: *Conocybe macrospora*; F: *Conocybe subpallida*; G: *Conocybe subxerophytica* var. *brunnea*. Bar: 1 cm













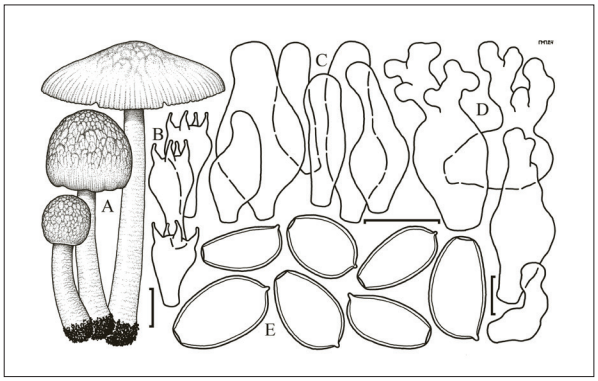


Рис. 2. *Bolbitius titubans* var. *olivaceus*. A: плодові тіла; B: базидії; C: хейлоцистиди; D: каулоцистиди; E: спори. Масштаб лінійки: 1 см для плодових тіл, 10 мкм для мікроструктур

Fig. 2. *Bolbitius titubans* var. *olivaceus*. A: fruit bodies; B: basidia; C: cheilocystidia; D: caulocystidia; E: spores. Bars: 1 cm for fruit bodies, 10 μm for microstructures

24–55 × 8,5–19,0 мкм, булавоподібні, пляшкоподібні та мішкоподібні, у верхній частині здебільшого коралоподібно розгалужені або з пальцеподібними виростами, численні. Кутикула шапинки гіменоподібна, складається з булавоподібних клітин 8–26 мкм завш., вкритих товстим шаром слизу. Пряжки відсутні.

Поодиноко та невеликими тісними групами на ґрунті, компості, екскрементах травоїдних тварин, гнилих рослинних залишках, переважно в трав'яних (луках, пасовиськах, пустирях) угрупованнях, рідше в лісових та чагарникових, також у парках і садах, з червня до жовтня. Неїстівний.

Досліджені зразки. Миколаївська обл., м. Миколаїв, парк Перемоги, деревні насадження, на ґрунті, 46°59'06.1"N, 31°59'44.6"E, 25.10.2020 (KW-M71595), зібр. О.М. Балагура.

Загальне поширення. Європа: Австрія, Бельгія, Велика Британія, Данія, Естонія, Іспанія, Італія, Латвія, Литва, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Сербія, Словенія, Україна, Фінляндія, Франція, Чехія, Швейцарія, Швеція. Азія: Китайський Тайбей, Японія. Північна Америка: Канада, Мексика, США. Австралазія: Австралія (https://www.gbif.org/en/species/3323451).

Bolbitius titubans var. *olivaceus* досить легко відрізняється від типової варіації більшим та масивнішим плодовим тілом, виразною сітчасто-жилкуватою поверхнею шапинки, а також дещо темнішому (від оливкувато-жовтого до оливкувато-коричневого) забарвленням останньої. Мікроскопічні ознаки більш-менш ідентичні в обох варіаціях *B. titubans* (Arnolds, 2005a), що виявилося справедливим і для українських зразків (Prydiuk, 2015).

Слід вказати, що таксономічний ранг *Bolbitius titubans* var. *olivaceus* залишається поки що дискусійним, і деякі автори (Hausknecht, Vesterholt, 2012a) розглядають його як окремий вид *Bolbitius variicolor* G.F. Atk. У "Флорі грибів України" (Prydiuk, 2015) він теж наводився під цією назвою. Наскільки такий ранг виправданий, поки неможливо достовірно встановити. Отримані останнім часом результати молекулярно-генетичних досліджень *Bolbitius titubans* s. l. (Malysheva et al., 2015) показали, що в його складі можна виділити щонайменше чотири виразно відкремлені клади, але їхній таксономічний статус (чи представляють вони внутрішньовидові таксони, чи окремі види) залишається нез'ясованим через недостатню кількість досліджених зразків.

***Conocybe ambigua* Watling**, Notes R. bot. Gdn Edinb. 38(2): 331. 1980. — Рис. 1D, 3.

Conocybe siliginea var. *ambigua* Kühner, Encyclop. Mycol. 7: 106. 1935. – *Galera ambigua* Kühner ex J.E. Lange, Dansk bot. Ark. 9 (no. 6): 38. 1938. – *Conocybe ambigua* Kühner & Romagn., Fl. Analyt. Champ. Supér. (Paris): 346. 1953. – *Conocybe ambigua* Kühner ex Singer, Mycologia 51(3): 395. 1959.

Шапинка розміром 0,5–2,0 см, спочатку округлоконічна згодом від випуклої до випуклорозпростертої, без горбика, гладенька, гігрофанна, сира жовтувато-коричнева до оранжево-коричневої, згодом жовто-коричнева, коричнево-оранжева, ближче до країв дещо світліша, прозоро-смугаста майже до центру, підсохла лише злегка світліша. Пластинки вузькоприрослі, помірно рідкі (L = 16–20, l = 1–3), випуклі, спочатку жовтувато-вохристі, згодом іржаво-коричнюваті, з дещо світлішим, дрібноторочкуватим краєм. Ніжка 2,5–5,5 × 0,1–0,15 см, циліндрична, зі злегка булавоподібно потовщеною або майже бульбоподібною основою (до 0,3 см завш.), трубчаста, борошниста до борошнисто-смугастої, вохриста, вохристо-коричнювата, з блідішою верхівкою, від основи догори з віком темнішає. М'якуш в шапинці завтовшки до 0,1 см, жовтуватий, в ніжці темніший, коричнювато-жовтий. Без особливого запаху та смаку. Споровий порошок іржаво-коричневий.

Спори (10,0–)11,0–13,0(–14,5) × 6,0–7,5 мкм, Q = 1,57–2,0, av. L = 12,1 ± 0,88 мкм, av. B = 6,7 ± 0,39 мкм, av. Q = 1,8 ± 0,13, анфас еліпсоподібні, еліпсоподібно-лимоноподібні або еліпсоподібно-веретеноподібні, у профіль дещо мигдалеподібні, з ростовою порою до 1,5 мкм завш., злегка товстостінні, жовтуваті у воді, блідо-жовто-коричневі у КОН, прозорі. Базидії 17–24 × 6,5–8,0 мкм, булавоподібні, 2-спорові. Хейлоцистиди 15–25 × 6,0–7,5 мкм, кеглеподібні, з шийкою до 5,5 мкм завд. та до 2 мкм завтов., з голівкою 3,0–4,5 мкм шириною, численні. Плевроцистиди та пілоцистиди не виявлені. Каулоцистиди трьох типів: а) кеглеподібні, 19–25 × 8–12 мкм, з шийкою до 5 мкм завд. і голівкою 3,0–3,5 мкм завш., трапляються переважно на верхівці ніжки, донизу поступово зникають; б) округло булавоподібні та мішкоподібні, розміром 10–22 × 6,0–9,5 мкм, досить численні; в) волосоподібні, до 2 мкм завтов., довжиною до 100 мкм, досить численні. Кутикула шапинки гіменоподібна, складається з округлобулавоподібних та округлогрушоподібних клітин 22–55 мкм завширшки. Є пряжки. Амонійна реакція[1] негативна.

Плодові тіла ростуть поодиноко на ґрунті або старих кострищах, у лісах та на узбіччях доріг, зрідка на луках, з травня до жовтня (Hausknecht, 2009). Неїстівний.

Досліджені зразки. Хмельницька обл., Шепетівський р-н, Національний природний парк (НПП) "Мале Полісся", південно-західна околиця с. Стригани, берег оз. Блакитне, сосновий ліс, на старому кострищі, 50°18'38.4"N, 26°46'14.5"E, 13.09.2018 (KW-M71596).

Загальне поширення. Європа: Австрія, Бельгія, Данія, Естонія, Іспанія, Італія, Латвія, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Росія, Словенія, Україна, Фінляндія, Франція, Чехія, Швеція. Азія: Росія (Сибір, Далекий Схід). Північна Америка: Канада (Hausknecht, 2009; Malysheva, 2018; https://www.gbif.org/species/2529746).

Слід зазначити, що вищеописаний зразок має дещо менші спори, аніж більшість авторів

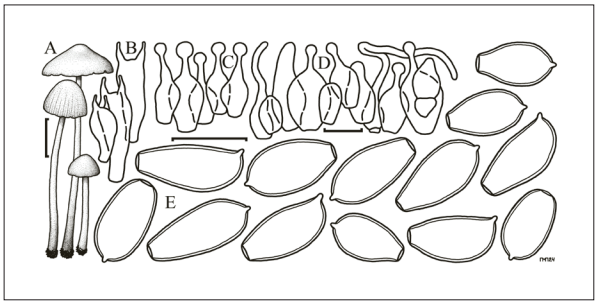


Рис. 3. *Conocybe ambigua*. A: плодові тіла; B: базидії; C: хейлоцистиди; D: каулоцистиди; E: спори. Масштаб лінійки: 1 см для плодових тіл, 10 мкм для мікроструктур

Fig. 3. *Conocybe ambigua*. A: fruit bodies; B: basidia; C: cheilocystidia; D: caulocystidia; E: spores. Bars: 1 cm for fruit bodies, 10 μm for microstructures

наводять для *Conocybe ambigua*: (11–)12–14(–16) × 6–8(–9) мкм (Watling, 1982), (10,0–)10,5–15,5(–16,5) × 5,5–7,5(–8,5) мкм (Arnolds, 2005b) або 10,5–16,0 × 5,0–8,5 мкм (Hausknecht, 2009; Hausknecht, Vesterholt, 2012b). Це зближує вказаний зразок з такими видами, як *Conocybe bispora* (Singer) Hauskn. або *C. tetrasporoides* Hauskn., що характеризуються меншими, ніж у *C. ambigua* спорами. Проте перший з них не має жодних кеглеподібних каулоцистид, навіть на верхівці ніжки, а другий відрізняється 4-споровими базидіями (і спори має ще менші, ніж в українського зразка). Необхідно також вказати на специфічну форму спор *C. ambigua*, які часто бувають еліпсоподібно-лимоноподібними та еліпсоподібно-веретеноподібними. Саме такі спори часто спостерігалися в українського зразка, що й дозволяє ідентифікувати його як *C. ambigua*. Ще два види (*Conocybe macrospora* (G.F. Atk.) Hauskn. та *C. merdaria* Arnolds & Hauskn.) з двоспоровими базидіями та подібною до *Conocybe ambigua* будовою поверхні ніжки, відрізняються від нього помітно більшими (особливо *C. macrospora*) та виразно еліпсоподібними спорами (Hausknecht, 2009).

***Conocybe macrocephala* Kühner & Watling in Watling**, Notes R. bot. Gdn Edinb., 38: 335. 1980. — Рис. 1B.

Conocybe tenera f. *macrocephala* Kühner, Genre Galera: 73. 1935. – *Conocybe macrocephala* (Kühner) Kühner & Romagn., Fl. anal. Champ. Sup.: 346. 1953. – *Conocybe abrubtibulbosa* Watling, Notes R. bot. Gdn Edinb., 38: 345. 1980. – *Conocybe herinkii* Svrček, Czech Mykol., 48: 295. 1996.

[1] Амонійна реакція — утворення голкоподібних кристаликів (кристалики іншої форми, наприклад призматичні, зірчасті або паличкоподібні, не є ознакою цієї реакції) у мікроскопічних препаратах гіменію гриба, змонтованих у 25%-му водному розчині аміаку (Hausknecht, 2009). Вона використовується в якості додаткової ознаки для визначення представників роду *Conocybe*.

Зростає поодиноко та невеликими групами на ґрунті в листяних лісах, з червня до жовтня. Рідкісний. Неїстівний.

Досліджені зразки. Вінницька обл., Гайсинський р-н, НПП "Кармелюкове Поділля", Червоногребельське природоохоронне науково-дослідне відділення (далі по тексту — ПНДВ), кв. 50, грабово-дубовий ліс, на ґрунті, 48°06'08.0"N, 29°17'18.6"E, 08.11.2023 (KW-M71798), Дохнянське ПНДВ, кв. 79, ясеново-грабовий ліс, на ґрунті, 48°15'49.8"N, 29°07'05.1"E, 09.11.2023 (KW-M71599).

Інші місцезнаходження в Україні. Тернопільська обл., Чортківський р-н, природний заповідник "Медобори", Вікнянське ПНДВ, 24 кв., грабовий ліс, на ґрунті, 26.06.2007, кв. 27, грабово-дубовий ліс, на ґрунті, 25.09.2007, кв. 43, грабовий ліс, на ґрунті, 30.09.2007, Городницьке ПНДВ, кв. 40, грабовий ліс, на ґрунті, 29.09.2007, Краснянське ПНДВ, кв. 39, грабовий ліс, на ґрунті, 28.09.2007 (Придюк, 2015).

Загальне поширення. Європа: Австрія, Бельгія, Велика Британія, Данія, Естонія, Ірландія, Іспанія, Італія, Латвія, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Росія, Угорщина, Україна, Фінляндія, Франція, Чехія, Швейцарія, Швеція. Азія: Росія (Сибір), Узбекистан. Північна Америка: США (Hausknecht, 2009; Malysheva, 2018; https://www.gbif.org/species/8255416).

Для *Conocybe macrocephala* характерна комбінація таких ознак, як досить маленькі тонкостінні спори, цистиди з відносно великою (5,0–6,5 мкм) голівкою та позитивна амонійна реакція. Близький вид *C. tenera* (Schaeff.) Kühner має більші товстостінні спори та цистиди с меншою (3,0–5,5 мкм) голівкою. У деяких випадках (коли амонійна реакція слабко виражена) *C. macrocephala* можна переплутати з *C. juniana* (Velen.) Hauskn. & Svrček, котрий, однак, має дрібніші плодові тіла, більші спори з товстішими стінками темнішого кольору і каулоцистиди з голівкою значно більшого розміру (6–12 мкм) (Hausknecht, 2009).

***Conocybe macrospora* (G.F. Atk.) Hauskn.**, Österr. Z. Pilzk., 12: 64. 2003. — Рис. 1E.

Galerula macrospora G.F. Atk., Genus *Galerula* in North America: 371. 1918. – *Galera megalospora* Jul. Schäff., Z. Pilzk. 9: 170. 1930. – Non *Conocybe megalospora* Singer, Lilloa 25: 297. 1953 (= *Conocybe pubescens*). – *Conocybe rubiginosa* Watling, Notes R. bot. Gdn Edinb., 38: 353. 1980.

Зростає поодиноко та невеликими групами на гної, угноєному ґрунті, компості, іноді на старих кострищах в листяних, хвойних та мішаних лісах, а також на луках і пасовиськах, з липня до жовтня. Рідкісний. Неїстівний.

Досліджені зразки. Івано-Франківська обл., Надвірнянський р-н, Карпатський НПП, Ворохтянське ПНДВ, близько 2,5 км південніше смт Ворохта, ялиновий ліс з домішкою вільхи сірої, на ґрунті, 48°15'30.0"N, 24°35'01.8"E, 09.09.2015 (KW-M71604).

Інші місцезнаходження в Україні. Волинська обл., Камінь-Каширський р-н, НПП "Прип'ять-Стохід", околиці с. Сваловичі, грабовий ліс, на гної коня, 19.07.2010 (Prydiuk, 2015); Маневицький р-н, Черемський природний заповідник, кв. 23, сосновий ліс з домішкою дуба, на старому кострищі, 09.09.2004 (Prydiuk, 2007a, 2015). Чернівецька обл., Вижницький р-н, НПП "Вижницький", Солонянське ПНДВ, ур. "Стебник", права тераса р. Стебник, луки, на ґрунті, 06.09.2013, там само, правий берег р. Стебник, узбіччя дороги, на ґрунті, 08.09.2013, ур. "Лекече", близько 2 км східніше с. Лекече, ялицевий ліс, на старому кострищі, 07.09.2013 (Prydiuk, 2015).

Загальне розповсюдження. Європа: Австрія, Болгарія, Велика Британія, Данія, Ісландія, Іспанія, Італія, Литва, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Росія, Румунія, Словаччина, Угорщина, Україна, Фінляндія, Франція, Швейцарія, Швеція. Азія: Росія (Сибір), Таджикистан, Узбекистан. Африка: Танзанія. Північна Америка: Канада, Пуерто-Ріко, США. Південна Америка: Аргентина. Австралазія: Нова Зеландія (Hausknecht, 2009; Malysheva, 2018; https://www.gbif.org/species/8255416).

Conocybe macrospora досить легко відрізнити від інших представників роду завдяки такій комбінації ознак, як 2-спорові базидії, дуже великі товстостінні спори понад 17 мкм завд. та наявність на поверхні ніжки суміші кеглеподібних та волосоподібних каулоцистид. Найбільш споріднений вид, *C. pubescens* (Gillet) Kühner, має схожі спори, але відрізняється 4-споровими базидіями. Іноді з *C. macrospora* можна сплутати *C. rickenii* (Jul. Schäff.) Kühner, оскільки в останнього іноді трапляються поодинокі кеглеподібні каулоцистиди на верхівці ніжки. Крім того, він теж розвивається на гної, має 2-спорові базидії та спори приблизно такого ж розміру.

Однак його можна відрізнити завдяки світлішим плодовим тілам (які в молодому віці часто мають оливкуватий відтінок) та повній відсутності кеглеподібних каулоцистид в середній та нижній частинах ніжки (Hausknecht, 2009).

***Conocybe rickenii* (Jul. Schäff.) Kühner,** Genre Galera: 115. 1935. — Рис. 4.

Galera rickenii Jul. Schäff., Z. Pilzk., 9: 171. 1930. – *Conocybe siliginea* sensu Singer, Acta Inst. Bot. Komarov Acad. Sci. USSR, 2, 6: 44. 1950. – *Conocybe siliginea* f. *rickenii* (Jul. Schäff.) Arnolds, Persoonia, 18: 228. 2003. – *Galera pygmaeoaffinis* sensu Ricken, Blätterpilze: 225. 1915. – *Conocybe coprophila* sensu Lundell in Lundell & Nannf., Fungi exs. Suec., 49–50: 906. 1957.

Шапинка розміром 0,7–5,0 см, спочатку дзвоникоподібна або опуклодзвоникоподібна, пізніше округлоконічна до конічноопуклої, гладенька, злегка клейка в сиру погоду, спочатку сірувато-вохриста або світло-сірувато-коричнева, з оливковим відтінком, у центрі темніша, пізніше блідосірувато-жовта або блідо жовтувато-коричнева, гігрофанна, не прозоро-смугаста, після підсихання стає кремовою, сірувато-білою або білувато-вохристою. Пластинки вузько-приросліі, густі до помірно рідких (L = 15–25, l = 1–3(–7)), опуклі, шириною до 0,4 см, спочатку блідо-вохристі, пізніше оранжево-коричневі до іржаво-коричневих, з білуватим дрібнозубчастим краєм. Ніжка 3,0–8,5 × 0,1–0,4 см, циліндрична, з дещо булавоподібно потовщеною основою, трубчаста, борошнисто-смугаста, слабко пухнасто-оксамитова, спочатку блідо-коричнева, пізніше, починаючи знизу, темнішає до світло-коричневої або буруватої біля самої основи. М'якуш в шапинці білуватий, в ніжці блідо-коричнюватий, буруватий біля основи. Без особливого запаху та смаку. Споровий порошок іржаво-коричневий.

Спори 14,0–17,0(–19,5) × 8,5–11,5 мкм, Q = 1,63–1,92; av. L = 16,0 ± 1,37 мкм, av. B = 9,3 ± 0,82 мкм, av. Q = 1,72 ± 0,09; анфас яйцеподібні, видовженояйцеподібні, еліпсоподібні до видовженоеліпсоподібних, у профіль дещо приплюснуті, еліпсоподібні, нерідко злегка мигдалеподібні, з ростовою порою 1,8–2,5 мкм шириною, товстостінні, медово-коричневі в воді, іржаво- або червонувато-коричневі в КОН, прозорі. Базидії 20,0–29,0 × 13,0–16,0 мкм, булавоподібні, 2-спорові, іноді з домішкою 1-спорових. Хейлоцистиди 17,0–25,0 × 6,5–9,5 мкм, кеглеподібні, з шийкою довжиною до 5 мкм і товщиною до 2 мкм, з голівкою 4–5 мкм шириною, численні. Плевроцистиди відсутні. Пілоцистиди волосоподібні або майже циліндричні, розміром до 50,0 × 2,5–5,5 мкм. Каулоцистиди двох типів: а) округлі, округлобулавоподібні, циліндричні, булавоподібні та пляшкоподібні, розміром 7–30 × 6,0–8,5 мкм; б) волосоподібні, розміром до 100,0 × 2,0–2,5 мкм, численні. Кутикула шапинки гіменоподібна, складається з округлобулавоподібних та округлогрушоподібних клітин 14–40 мкм шириною. Є пряжки. Амонійна реакція негативна.

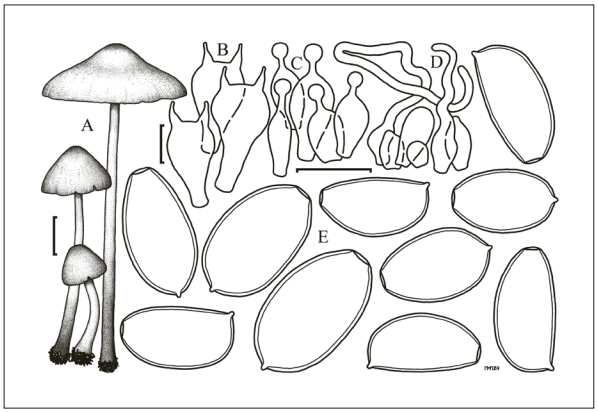


Рис. 4. *Conocybe rickenii*. A: плодові тіла; B: базидії; C: хейлоцистиди; D: каулоцистиди; E: спори. Масштаб лінійки: 1 см для плодових тіл, 10 мкм для мікроструктур

Fig. 4. *Conocybe rickenii*. A: fruit bodies; B: basidia; C: cheilocystidia; D: caulocystidia; E: spores. Bars: 1 cm for fruit bodies, 10 μm for microstructures

Поодиноко та групами на гної, компості та угноєному ґрунті, на відкритих місцях (луках, пасовиськах, пустирях, узбіччях доріг), рідше в садах і парках, з червня до листопада. Неїстівний.

Досліджені зразки. Волинська обл., Камінь-Каширський р-н, південно-східна околиця с. Люб'язь, на березі озера, пасовисько, на гною коня, 51°49'40.6"N, 25°28'57.6"E, 07.10.2019 (KW-M71597).

Загальне розповсюдження. Європа: Австрія, Бельгія, Болгарія, Велика Британія, Греція, Данія, Естонія, Ісландія, Іспанія, Італія, Литва, Ліхтенштейн, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Португалія, Росія, Словаччина, Угорщина, Україна, Фінляндія, Франція, Хорватія, Чехія, Швейцарія, Швеція. Азія: Монголія, Росія (Сибір), Туркменія, Узбекистан. Північна Америка: Канада, США. Південна Америка: Аргентина, Бразилія. Австралазія: Австралія,

Нова Зеландія (Hausknecht, 2009; Malysheva, 2018; https://www.gbif.org/species/2529858).

Завдяки 2-споровим базидіям, дуже великим спорам та зростанню на гної *Conocybe rickenii* досить легко відрізнити від споріднених видів. Найближчий вид, *C. siliginea* (Fr.) Kühner, відрізняється меншими розмірами плодових тіл та відсутністю оливкових відтінків в забарвленні шапинки. Крім того, його шапинка не буває клейкою, а росте він переважно на ґрунті. Через наявність поодиноких кеглеподібних каулоцистид на верхівці ніжки *C. rickenii* (хоча в нашого зразка ми їх не спостерігали), його часом можна сплутати і з *C. macrospora*. Останній теж іноді трапляється на гної, має 2-спорові базидії та спори приблизно такого ж розміру, однак відрізняється наявністю численних кеглеподібних каулоцистид (поряд з волосоподібними) по всій довжині ніжки (Hausknecht, 2009).

Conocybe subpallida **Enderle**, Z. Mykol., 57: 91. 1991. — Рис. 1F.

Зростає поодиноко та невеликими групами на ґрунті, в листяних, зрідка соснових лісах та трав'яних місцинах (узбіччях доріг, луках), з вересня до листопада. Рідкісний. Неїстівний.

Досліджені зразки. Хмельницька обл., Шепетівський р-н, НПП "Мале Полісся", східніше с. Голики, берег оз. Святе, сосновий ліс, на ґрунті, 50°12'58.1"N, 26°50'03.3"E, 14.09.2018 (KW-M71600).

Інші місцезнаходження в Україні. Полтавська обл., Полтавський р-н, околиці смт Диканька, липово-дубовий ліс, на ґрунті, 24.10.2003 (Придюк, 2015). Тернопільська обл., Чортківський р-н, природний заповідник "Медобори", Краснянське ПНДВ, кв. 39, ясеново-грабовий ліс, на ґрунті, 28.09.2007, кв. 33, грабовий ліс, на ґрунті, 09.10.2008 (Придюк, 2015). Чернівецька обл., Вижницький р-н, НПП "Вижницький", Солонянське ПНДВ, ур. Стебник, правий берег р. Стебник, ліс із вільхи сірої, на ґрунті, 06.09.2013, Вижницьке ПНДВ, ур. Лужки, лівий берег р. Виженка, ліс із вільхи сірої, на ґрунті, 09.09.2013 (Дудка та ін., 2019). Харківська обл., Чугуївський р-н, НПП "Гомільшанські Ліси", близько 2 км на південь від с. Гайдари, листяний ліс, на ґрунті, 13.11.2017, 14.11.2017 (Prylutskyi et al., 2022).

Загальне розповсюдження. Європа: Австрія, Бельгія, Болгарія, Велика Британія, Данія, Латвія, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Росія, Словаччина, Угорщина, Україна, Фінляндія, Франція, Швейцарія (Hausknecht, 2009; Malysheva, 2018; https://www.gbif.org/species/7244973).

Conocybe subpallida размірами спор та формою хейлоцистид нагадує *C. tenera,* але відрізняється тонкостінними блідішими спорами, а також світлозабарвленими плодовими тілами. Крім того, на поверхні його ніжки є помітна домішка некеглеподібних каулоцистид, зокрема пляшкоподібниих та циліндричних (Arnolds, 2005b; Hausknecht, 2009).

Conocybe subpubescens **P.D. Orton,** Trans. Brit. Mycol. Soc., 43: 195. 1960. — Рис. 1C.

Galera tenera sensu Ricken, Blätterpilze: 225. 1915. – *Conocybe pubescens* f. *typica* (Gillet.) Kühner sensu Kühner, Genre Galera: 86. 1935. – *Conocybe pubescens* sensu J.E. Lange, Fl. agar. Dan., 4: 34. 1939. – *Conocybe subpubescens* Kühner, Botaniste 34: 275. 1949. – *Conocybe tetraspora* Singer, Beih. Nova Hedwigia, 29: 209. 1969. – *Conocybe cryptocystis* (G.F. Atk.) Singer sensu auct. eur. – *Conocybe digitalina* (Velen.) Singer sensu auct. eur.

Зростає поодиноко та розсіяними групами на ґрунті, в листяних лісах, іноді на відкритих місцинах (луках, пасовиськах, узбіччях доріг), з вересня до жовтня. Рідкісний. Неїстівний.

Досліджені зразки. Волинська обл., Камінь-Каширський р-н, НПП "Прип'ять-Стохід", близько 2 км на північний захід від с. Ветли, берег оз. Біле, дубовий ліс, на ґрунті, 51°54'38.3"N, 24°59'57.1"E, 07.10.2020 (KW-M 71602), зібр. М.М. Химин.

Інші місцезнаходження в Україні. Донецька обл., Краматорський р-н, НПП "Святі Гори", правий берег р. Сіверський Донець, біля моста до с. Богородичне, узбіччя дороги, на ґрунті, 28.09.2004 (Prydiuk, 2007a, 2015). Львівська обл., Стрийський р-н, НПП "Сколівські Бескиди", Завадківське ПНДВ, буковий ліс, на ґрунті, 21.09.2010 (Prydiuk, 2015; Dudka et al., 2019).

Загальне розповсюдження. Європа: Австрія, Бельгія, Болгарія, Велика Британія, Греція, Данія, Естонія, Ісландія, Іспанія, Італія, Латвія, Литва, Ліхтенштейн, Люксембург, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Португалія, Росія, Словаччина, Угорщина, Україна, Фінляндія, Франція, Чехія, Швейцарія, Швеція. Африка: Зімбабве, Марокко, Танзанія, Уганда. Азія: Грузія, Індія, Іран, Китайський Тайбей, Кіпр, Росія (Сибір, Далекий Схід). Північна Америка: США. Південна Америка: Аргентина, Болівія, Чилі

(Hausknecht, 2009; Malysheva, 2018; https://www.gbif.org/species/2529724).

Conocybe subpubescens за комплексом ознак найближчий до *C. pulchella* (Velen.) Hauskn. & Svrček, але має масивніші плодові тіла та дрібніші спори. Крім того, за спостереженнями мікологів, *C. subpubescens* віддає перевагу лісам, в той час як *C. pulchella* найчастіше зростає на відкритих місцинах (Arnolds, 2005b; Hausknecht, 2009), втім для обох видів відомі й винятки.

***Conocybe subxerophytica* Singer & Hauskn. var. *brunnea* Hauskn.,** Österr. Z. Pilzk., 11: 74. 2002. — Рис. 1G.

Зростає поодиноко та невеликими групами на ґрунті, переважно в сухих відкритих місцинах, рідше в сухих рідколіссях, з червня до жовтня. Рідкісний. Неїстівний.

Досліджені зразки. Хмельницька обл., Шепетівський р-н, НПП "Мале Полісся", східніше с. Голики, берег оз. Святе, сосновий ліс, на ґрунті, 50°12'57.6"N, 26°50'17.3"E, 14.09.2018 (KW-M71601).

Інші місцезнаходження в Україні. Донецька обл., Краматорський р-н, НПП "Святі Гори", східна околиця с. Богородичне, узбіччя дороги, на ґрунті, 01.10.2004 (Prydiuk, 2007b, 2015). Київська обл., Обухівський р-н, околиці с. Трипілля, остепнені луки, на ґрунті, 19.06.2008 (Prydiuk, 2015). Одеська обл., Ізмаїльський р-н, біосферний заповідник "Дунайські Плавні", околиці м. Вилкове, ліс із тополі білої, на ґрунті, 22.10.2009 (Prydiuk, 2015; Dudka et al., 2019). Чернівецька обл., Вижницький р-н, НПП "Вижницький", Солонянське ПНДВ, ур. Стебник, правий берег р. Стебник, узбіччя дороги, на ґрунті, 06.09.2013 (Dudka et al., 2019).

Загальне розповсюдження. Європа: Австрія, Данія, Італія, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Угорщина, Україна, Швеція (Hausknecht, 2009; https://www.gbif.org/species/3323200).

Для *Conocybe subxerophytica* var. *brunnea* характерна темнозабарвлена шапинка, досить густі пластинки, великі виразно приплюснуті спори та присутність на ніжці майже виключно кеглеподібних каулоцистид. Типова варіація цього виду (в Україні ще не знайдена) відрізняється виключно меншими та дещо тендітніши ми плодовими тілами не з такими густими пластинками. *Conocybe semiglobata* Kühner & Watling має спори приблизно такого ж розміру, проте вони не приплюснуті (Hausknecht, 2009).

Висновки

Незважаючи на значну кількість видів родини *Bolbitiaceae*, які вдалося виявити в період під час підготовки "Флори грибів України" (Prydiuk, 2015), вона залишається недостатньо дослідженою в Україні. Дані, наведені в нашій статті, свідчать про необхідність подальшого вивчення цієї групи грибів.

Подяки

Автор висловлює щиру вдячність О.М. Балагурі за люб'язно надані зразки та фото *Bolbitius titubans* var. *olivaceus*, М.М. Химину за зібраний зразок *Conocybe subpubescens*, а також співробітникам та керівництву Національних природних парків "Кармелюкове Поділля", "Мале Полісся" та "Прип'ять-Стохід" за допомогу в зборі грибів.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автор повідомляє про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

М.П. Придюк: https://orcid.org/0000-0001-5083-014X

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Arnolds E. 2005a. *Bolbitius* Fr. In: *Flora Agaricina Neerlandica*. Vol. 6. *Bolbitiaceae* (*Bolbitius*, *Conocybe*, *Pholiotina*, *Agrocybe*) *and Coprinaceae* (*I*)*: the genus Coprinus*. Eds M.E. Noordeloos, Th.W. Kuyper, E.C. Vellinga. Boca Raton etc.: Taylor & Francis, pp. 112–119.

Arnolds E. 2005b. *Conocybe* Fay. In: *Flora Agaricina Neerlandica.* Vol. 6. *Bolbitiaceae* (*Bolbitius*, *Conocybe*, *Pholiotina*, *Agrocybe*) *and Coprinaceae* (*I*)*: the genus Coprinus*. Eds M.E. Noordeloos, Th.W. Kuyper, E.C. Vellinga. Boca Raton, etc.: Taylor & Francis, pp. 120–179.

Dudka I.O., Heluta V.P., Prydiuk M.P., Tykhonenko Yu.Ya., Akulov O.Yu., Hayova V.P., Zykova M.O., Andrianova T.V., Dzhagan V.V., Shcherbakova Yu.V. 2019. *Fungi of Reserves and National Nature Parks of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Naukova Dumka, 214 pp. [Дудка І.О., Гелюта В.П., Придюк М.П., Тихоненко Ю.Я., Акулов О.Ю., Гайова В.П.,

Зикова М.О., Андріанова Т.В., Джаган В.В., Щербакова Ю.В. 2019. *Гриби заповідників та національних природних парків Українських Карпат.* Київ: Наукова думка, 214 с.].
Hausknecht A. 2009. *A monograph of the genera Conocybe Fayod and Pholiotina Fayod in Europe*. Alassio: Edizioni Candusso, 968 p.
Hausknecht A., Vesterholt J. 2012a. *Bolbitius* Fr. In: *Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera*. Eds H. Khudsen, J. Vesterholt. Copenhagen: Nordswamp, pp. 733–735.
Hausknecht A., Vesterholt J. 2012b. *Conocybe* Fayod. In: *Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera*. Eds H. Khudsen, J. Vesterholt. Copenhagen: Nordswamp, pp. 735–755.
Malysheva E.F. 2018. *Opredelitel gribov Rossii: Poriadok agarikovyie*. Vyp. 2. *Semeystvo bolbitievye*. St. Petersburg: Nestor-Istoriya, 416 pp. [Малышева Е.Ф. *Определитель грибов России: Порядок агариковые*. Вып. 2. *Семейство больбитиевые*. Санкт-Петербург: Нестор-История, 2018, 416 с.].
Malysheva E.F., Malysheva V.F., Svetasheva T.Yu. 2015. Molecular phylogeny and taxonomic revision of the genus *Bolbitius* (*Bolbitiaceae*, *Agaricales*) in Russia. *Mycological Progress*, 14(8): 14–64. https://doi.org/10.1007/s11557-015-1087-2
Prydiuk M.P. 2007a. New records of *Conocybe* species from Ukraine. I. The sections *Mixtae* and *Pilosellae*. *Czech Mycology*, 59(1): 25–38. https://doi.org/10.33585/cmy.59104
Prydiuk M.P. 2007b. New records of *Conocybe* species from Ukraine. II. The section *Conocybe*. *Czech Mycology*, 59(1): 39–50. https://doi.org/10.33585/cmy.59105
Prydiuk M.P. 2015. *Flora gribov Ukrainy. Bolbitievye i koprinoviye griby.* Kyiv: OOO NPP Interservis, 598 pp. [Придюк Н.П. 2015. *Флора грибов Украины. Больбитиевые и коприновые грибы.* Киев: ООО НПП Интерсервис, 598 с.].
Prydiuk M.P. 2019. New and rare for Ukraine taxa of the genera *Conocybe* and *Pholiotina* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*). *Ukrainian Botanical Journal*, 76(4): 344–355. [Придюк М.П. 2019. Нові та рідкісні для України таксони родів *Conocybe* і *Pholiotina* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*). *Український ботанічний журнал*, 76(4): 344–355]. https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.04.344
Prylutskyi O., Prydiuk M., Malanyuk V., Yakunina V. 2022. *Reference-based checklist of gilled Agaricales (Basidiomycota, Fungi) from Ukraine*. Version 1.8. V. N. Karazin Kharkiv National University. Checklist dataset. (Accessed 27 May 2024). https://doi.org/10.15468/bgv8hy
Watling R. 1982. *British Fungus Flora: Agarics and Boleti 3. Bolbitiaceae*: *Agrocybe*, *Bolbitius* & *Conocybe*. Edinburgh: Her Majesty's Stationery Office, 139 pp.
Zerova M.Ya., Sosin P.Ye., Rozhenko G.L. 1979. *Vyznachnyk grybiv Ukrainy.* Vol. 5. *Basydiomitsety.* Book 2. *Boletalni, strobilomitsetalni, trikholomatalni, entolomatalni, rusulalni, agarikalni, gasteromicety.* Kyiv: Naukova Dumka, 565 pp. [Зерова М.Я., Сосін П.Є., Роженко Г.Л. 1979. *Визначник грибів України.* Т. 5. *Базидіоміцети.* Кн. 2. *Болетальні, стробіломіцетальні, трихоломатальні, ентоломатальні, русулальні, агарикальні, гастероміцети*. Київ: Наукова думка, 565 с.].

New for Ukraine representatives of the genera *Bolbitius* and *Conocybe* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*)

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

Abstract. The article provides data about finds of some new and rare for Ukraine taxa of the genera *Bolbitius* and *Conocybe*. Two species, *Conocybe ambigua* and *C. rickenii*, and one variety, *Bolbitius titubans* var. *olivaceus*, were found for the first time in Ukraine, while for four species (*Conocybe macrocephala*, *C. macrospora*, *C. subpallida*, and *C. subpubescens*) and one variety, *Conocybe subxerophytica* var. *brunnea*, new localities were recorded. The distribution data in Ukraine and worldwide are presented for all reported taxa. For the new in the country species and varieties, their descriptions and original drawings of the macro- and microscopic features are also provided.

Keywords: *Agaricales*, *Bolbitius*, *Conocybe*, distribution, new records, rare species, variety

BIOTECHNOLOGY, PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY
БІОТЕХНОЛОГІЯ, ФІЗІОЛОГІЯ, БІОХІМІЯ

https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.443
RESEARCH ARTICLE

Impact of exogenous zeatin on the growth, pigment complex and capacity of sporophytes of *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) for biological extraction of zinc from the water

Iryna V. KOSAKIVSKA, Valentyna A. VASYUK *, Mykola M. SHCHERBATIUK, Lesya V. VOYTENKO, Kateryna O. ROMANENKO
M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine
* Author for correspondence: *vasyuk@ukr.net*

Abstract. The response of plants to heavy metals involves phytohormones, particularly cytokinins, with zeatin being one of the active forms. Exogenous phytohormones are believed to induce plant resistance to heavy metals and enhance phytoextraction. We investigated the impact of exogenous zeatin on the morpho-physiological characteristics of young and mature sporophytes of *Salvinia natans* and their ability to extract zinc ions from the aquatic environment. It has been shown that zeatin mitigated the adverse effect of zinc sulfate on dry weight accumulation, but did not alleviate its negative impact on fresh weight accumulation in both young and mature sporophytes. During intensive growth and sori formation and spore maturation stages under zinc loading, exogenous zeatin (at 10^{-6} M concentration) led to 40% and 50% increase in the dry weight of young and mature sporophytes, respectively. In the presence of zinc sulfate, the total chlorophyll content decreased by 23% in the fronds of young sporophytes and by 44% in the fronds of mature sporophytes, while total carotenoids decreased by 21% in both cases. Zeatin addition alleviated the negative impact of the metal on the pigment complex in young sporophyte fronds but exacerbated it in mature sporophyte fronds. The pigment complex of the sporophyte was more susceptible to metal action during sori formation and spore maturation, resulting in frond browning and pronounced chlorosis. However, chlorosis was less intense and localized upon zeatin addition. The capacity of *S. natans* sporophytes to extract zinc ions from the aqueous medium was demonstrated, with zinc concentration decreasing by over tenfold from 10 mg·L^{-1} to 0.6 mg·L^{-1}after 14 days of cultivation. The application of zeatin did not affect the efficiency of zinc ions extraction from water.

Keywords: biological extraction, growth indices, pigments, *Salvinia natans*, zeatin, zinc

Introduction

Water fern *Salvinia natans* (L.) All. belongs to the native species of Central and South-Eastern Europe. It exhibits rapid growth rates, adapts to various environmental conditions, actively spreads, and possesses the ability to remove both organic and inorganic pollutants from the aquatic environment

ARTICLE HISTORY. Submitted 28 May 2024. Revised 24 November 2024. Published 28 December 2024

CITATION. Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Shcherbatiuk M.M., Voytenko L.V., Romanenko K.O. 2024. Impact of exogenous zeatin on the growth, pigment complex and capacity of sporophytes of *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) for biological extraction of zinc from the water. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(6): 443–453. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.06.443

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024
© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2024
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

(Jiang et al., 2009; Kosakivska et al., 2022; Polechońska et al., 2019; Török et al., 2023). *Salvinia natans* is recognized as a heavy metal (HM) hyperaccumulator, as confirmed by energy dispersive X-ray fluorescence analysis (EDXRF). When fresh fern biomass was introduced into wastewater samples over time, a gradual decrease in zinc (Zn), copper (Cu), nickel (Ni) and chromium (Cr) content by 84.8%, 73.8%, 56.8% and 41.4% respectively, was observed (Dhir, Srivastava, 2011). *Salvinia natans* demonstrates high tolerance to HM exposure. In the presence of cadmium (Cd), cobalt (Co), Cr, iron (Fe), lead (Pb) and Ni at a concentration of 30 mg L^{-1}, various plant indices, such as the biomass, photosynthesis efficiency, quantum yield, photochemical quenching, electron transport rate, and elemental composition (% C, H and N) remained unaffected. However, exposure to higher concentrations (50 mg L^{-1}) of Cu and Zn resulted in significant reductions of these indices (Dhir, Srivastava, 2013). Polish scientists Hołtra and Zamorska-Wojdyła (2014) demonstrated capacity of *S. natans* to extract copper (II) from a culture medium containing Cd. After phytoremediation of wastewater from electroplating processes *S. natans* biomass accumulated HM. When metal-loaded fern biomass was applied to soil with 10-day-old *Triticum aestivum* plants, significant reduction in chlorophyll content, glucose, and plant yield was observed. Nonetheless, the percentage content of carbon (C) in wheat plants remained unchanged, nitrogen (N) slightly increased, and hydrogen (H) decreased (Dhir, Srivastava, 2012). The physiological impact of zinc oxide nanoparticles on the *S. natans* sporophyte was demonstrated. After 7 days the activity of superoxide dismutase and catalase increased, while the content of photosynthetic pigments decreased, and the aggregation of nanoparticles was observed in submerged fern fronds (Hu et al., 2014). *Salvinia natans* exhibits significant phytoremediation capabilities in cleaning water bodies from nitrogen compounds. The content of total nitrogen, ammonium and nitrite decreased; moreover, a reduction in biochemical oxygen consumption was observed (Laabassi, Boudehane, 2019). Due to its biocompatibility with the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), *S. natans* enhances auxin metabolism, facilitating the bioaccumulation of sodium (Na) and arsenic (As) (Dolui et al., 2021, 2022). Additionally, *S. natans* actively binds complex aluminum compounds (Mandal et al., 2013) and nitrogen-containing dyes dissolved in water (Ohtani et al., 2020). The fern is characterized by a high efficiency antioxidant system and osmotic resistance of cells, minimizing intracellular damage from herbicide exposure (Pandey et al., 2016). The capacity of *Salvinia* sporophytes to extract up to 90% of zinc from polluted water has been reported in studies (Dhir et al., 2008; Dhir, Srivastava, 2011).

Understanding the mechanisms underlying plant growth and development depends on studying the hormonal regulation system. Presently, the hormonal system of hydrophyte ferns in the *Salviniaceae* family remains relatively understudied (Kosakivska et al., 2016, 2023). An effective approach to regulating growth and development involves treating plants with exogenous phytohormones (Kosakivska et al., 2022). Exogenous cytokinins, such as *trans*-zeatin and kinetin, have been shown to mitigate lead toxicity in the green alga *Acutodesmus obliquus* by modulating endogenous hormone levels and promoting the accumulation of organic acids involved in metal detoxification (Piotrowska-Niczyporuk et al., 2020). In hydroponic systems, the addition of kinetin during the cultivation of the fern *Pteris cretica* var. *nervosa* has been found to enhance arsenic (As) uptake and increase the activity of antioxidant enzymes, aiding the plant in overcoming pollutant-induced stress (Wang et al., 2021). The hyperaccumulation of As in this fern has been correlated with the content of *trans*-zeatin (Zhang et al., 2017). Various forms of cytokinins, including *trans*- and *cis*-zeatin, zeatin riboside, zeatin-*O*-glucoside, isopentenyladenosine and isopentenyladenine, have been identified in the vegetative and generative organs of *Salvinia natans* at different developmental stages. The highest levels of endogenous cytokinins were observed in the floating fronds during the phase of intensive sporophyte growth. Transitioning to reproductive development coincided with a decrease in *cis*-zeatin content in both floating and submerged fronds and the accumulation of zeatin-*O*-glucoside, a reserve form of cytokinins (Phytohormonal system…, 2019).

Indicators of the photosynthetic pigments content (chlorophyll *a* and *b*, carotenoids) and their ratios in plants serve as reliable markers of HM toxicity (Gomes et al., 2014). HMs suppress the activity of photosynthetic enzymes involved in chlorophyll biosynthesis, displace magnesium ions within the pigment molecule, disrupt electron transport in the light phase, and negatively impact enzyme activity

during the dark phase of photosynthesis (Rai et al., 2016). Elevated HM concentrations hinder nutrient absorption, consequently affecting photosynthetic activity adversely (Siyar et al., 2020). In *S. natans* sporophytes, high levels of Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, and the metalloid As have been observed to diminish the efficiency of the photosynthetic apparatus (Cui et al., 2022), Furthermore, the content of photosynthetic pigments decreases with increasing concentrations of Cd, Pb, Ni (Leblebici et al., 2018) and mercury (Hg) (Sitarska et al., 2023) in the nutrient medium, depending on the duration of exposure to the toxin.

In our previous research, we examined the influence of exogenous phytohormones and zinc sulfate on the morphophysiological characteristics of *S. natans*. Specifically, we demonstrated that simultaneous addition of phytohormones with zinc sulfate at the highest concentration partially adverse effects, reduced biomass degradation, and sustained sporophyte viability. Additionally, we identified qualitative changes in the fern phenotype indicative of the biotoxicity of excessive zinc concentrations, thus suggesting the potential use of *Salvinia natans* as a bioindicator of water pollution (Kosakivska et al., 2024). Given the prevalence of zinc pollution, particularly in water bodies adjacent to industrial sits, our study aimed to investigate the impact of exogenous zeatin on the growth, pigment complex, and the *S. natans* sporophyte ability to biologically extract this heavy metal.

Materials and Methods

Sporophytes of the heterosporous water fern *Salvinia natans* (L.) All. were studied. The plants were collected in June and August 2023 on the Prorva River, near the village of Hnidyn, Boryspil District, Kyiv Region. The average monthly air temperature in June and August during the sampling period was 26 and 28 °C, water — 23 and 25 °C, respectively. The analysis of water samples for the concentration of zinc ions was carried out using a Macherey-Nagel PF-12 Plus portable photometer with a software-integrated method for determining the concentration of this metal. The number of the working method in the device interface is 5981. Before measuring the indices, reagents from the Macherey-Nagel test set No. 5-98 (REF 931098) were added to the water samples in a volume of 5 ml to determine the concentration of zinc in accordance with the sequence indicated in the instructions for quantitative analysis Zn^{2+}. It was established that the content of zinc ions in water samples taken from the reservoir was below the limit of sensitivity of the method, which is 0.1 mg·L^{-1}.

Experiment design

Study of the zeatin and zinc sulfate effect on the growth of sporophytes of *Salvinia natans*

Sporophytes in the phase of intensive growth, which had 3–5 pairs of floating and submerged fronds attached to a horizontal stem, and mature sporophytes in the phase of sori formation and spore maturation, which had 14–15 pairs of fronds on the central part and two modules with 3–5 pairs of fronds, were studied. Young sporophytes, four to five individuals each, and mature sporophytes, one per plant, were placed in glass containers with a volume of 250 ml, filled with purified tap water with the addition of: (1) zeatin at a concentration of 10^{-6} M; (2) zinc sulfate (10 mg L^{-1} zinc); (3) zeatin and zinc sulfate. In our dose-response experiment, we tested various concentrations of zeatin and zinc sulfate. When comparing the biomass of plants grown in zinc solutions with and without addition of the phytohormone it has been found that the application of zeatin at 10^{-6} M reduced growth inhibition by 32.9% (Kosakivska et al., 2024). The effective concentration of zinc in water (10 mg·L^{-1}) was determined experimentally. At lower zinc concentrations, the adverse effects on the morphological state of *S. natans* sporophytes were minimal. However, at higher zinc concentrations, the damage progressed too rapidly. This zinc concentration enables *S. natans* sporophytes to survive for extended periods, albeit with noticeable morphological deterioration. Ferns were grown for seven days in a vegetation chamber (VOTSCH GmbH, Germany) at a temperature of +22 °C, illumination of 190 μmol·m^{-2} s^{-1}, a photoperiod of 16/8 h (day/night) and a relative humidity of 65 ± 5%. Biometric indicators were recorded at the beginning of the experiment and on the 7th day of cultivation. Plants grown in water without additives served as controls.

Study of the content of photosynthetic pigments

Plant material (200 mg) was collected on the seventh day of cultivation. Photosynthetic pigments were extracted using 100% acetone and quantified following the methods of Holm (1954) and von

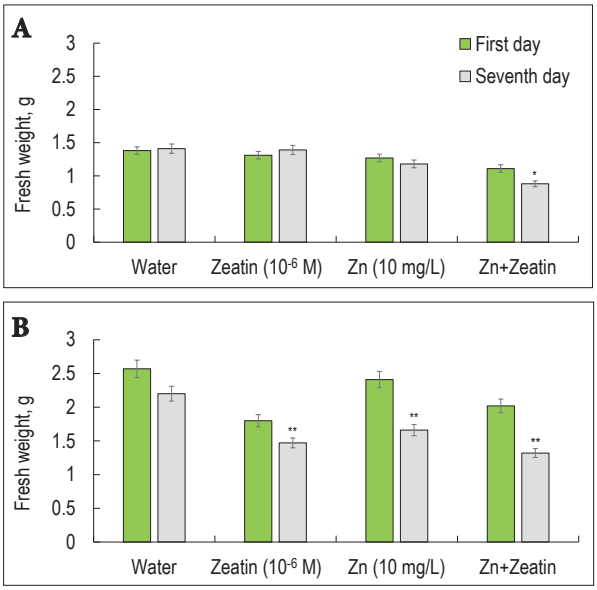


Fig. 1. Effect of zeatin and zinc sulfate on fresh weight accumulation of sporophytes of *Salvinia natans*. A: at the stage of intensive growth; B: at the stage of sori formation and spore maturation. n = 15; x ± standard error (SE). An asterisk (*) indicates significant differences between the indicators of the control and experimental groups ($P \leq 0.05$)

Wettstein (1957). Measurements were taken with a Jenway UV-6850 spectrophotometer (Great Britain) at wavelengths of 662, 664, and 440.5 nm, with acetone as the control.

Determination of the ability of sporophytes of *S. natans* to extract zinc from the aqueous medium

Young sporophytes of *S. natans* (4 g) in the phase of intensive growth were placed in a container with a volume of 1 liter. Water samples were taken on the fourth, sixth, eighth, tenth, twelfth and fourteenth days of the experiment. Water samples with a volume of 5 mL were taken from the vegetation containers with a medical syringe, avoiding the ingress of solid residues. The selected samples were filtered through a membrane syringe filter made of regenerated cellulose with a pore size of 0.2 μm. Analysis of water samples for the concentration of zinc ions was carried out using a Macherey-Nagel PF-12 Plus portable photometer.

Statistical analysis

Experiments were performed in three biological and three analytical replicates. Results are presented as mean ± standard error. Differences in mean values were analyzed using two-way analysis of variance ANOVA. Tests with $P < 0.05$ were considered statistically significant. The analysis was carried out using the program Statistix v. 10.0 (Analytical Software, Tallahassee, FL, USA). Experimental data were displayed graphically using Microsoft Excel (Redmond, USA).

Results

Effect of exogenous zeatin and zinc sulfate on sporophyte morphometric parameters

Under control conditions, the fresh weight (FW) of young sporophytes remained relatively stable. Cultivation with the addition of zeatin induced a slight increase in FW (by 6.1%). Conversely, after growing ferns in a medium containing zinc sulfate, the FW decreased by 7.1%, and under the combined action of zeatin and zinc sulfate, the FW of the sporophyte diminished by 20.8% (Fig. 1A). After 7 days of vegetation under control conditions, the FW of mature sporophytes reduced by 14.4%. With the addition of zeatin it decreased by 18.3%, with zinc by 31.1%, and in the presence of zinc and zeatin by 34.7% (Fig. 1B).

At the stage of intensive growth and the stage of sori formation and spore maturation, the addition of zeatin to the culture medium induced a 11.8% and 9% increase in the dry weight (DW) of the sporophyte, whereas zinc sulfate caused a 41.2% and 45.5% decrease, respectively. With the addition of zeatin to the culture medium in the presence of zinc sulfate, the DW of the sporophyte raised by 40% and 50%, respectively, but did not reach the control indices and the variant with the addition of the hormone in the absence of zinc sulfate (Fig. 2).

In general, changes in morphometric indices recorded when zeatin and zinc sulfate were added to the culture medium were more pronounced in mature sporophytes. Changes in the phenotype of mature sporophytes were also more striking. On the seventh day of cultivation, signs of chlorosis and necrosis were detected in the floating fronds of mature sporophytes in a medium containing zinc sulfate (10 $mg \cdot L^{-1}$ zinc). The adaxial surface of floating fronds of mature sporophytes acquired a brownish-red color. Adding 10^{-6} M zeatin to the culture medium did not affect the growth of the sporophyte and did not remove the external displays of the negative effect of zinc (Fig. 3). The greatest manifestation of chlorosis was observed in mature

sporophytes with the addition of zinc and zinc with zeatin (Fig. 3B). Conversely, in young and mature sporophytes, when zeatin was added, chlorosis became point-like and less intense (Fig. 3A). Overall, sporophytes of *S. natans* were more sensitive to the action of zinc sulfate at the stage of sori formation and spore maturation.

Effect of exogenous zeatin and zinc sulfate on the content of photosynthetic pigments

During the stages of intensive growth and sori formation and spore maturation with the aqueous medium exposed to zinc sulfate, the content of photosynthetic pigments in the floating fronds of *S. natans* sporophytes decreased. In fronds of young sporophytes, the total chlorophyll content decreased by 23%, and total carotenoids by 21%. In fronds of mature sporophytes, the total chlorophyll content reduced by 44%, and total carotenoids by 21%. The level of chlorophylls *a* and *b* in the fronds of young sporophytes was half as low as that of mature sporophytes, while the level of carotenoids remained unchanged.

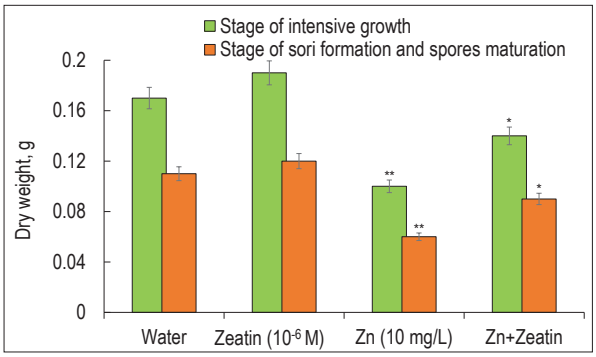


Fig. 2. Effect of zeatin and zinc sulfate on dry weight accumulation of sporophytes of *Salvinia natans*. n = 15; x ± standard error (SE). An asterisk (*) indicates significant differences between the indicators of the control and experimental groups ($P \leq 0.05$)

In the presence of a mixture of zeatin and zinc sulfate, the content of photosynthetic pigments in the floating fronds of the *S. natans* sporophyte decreased. The amount of chlorophylls *a*+*b* diminished by 1.3 times in the floating fronds of young sporophytes

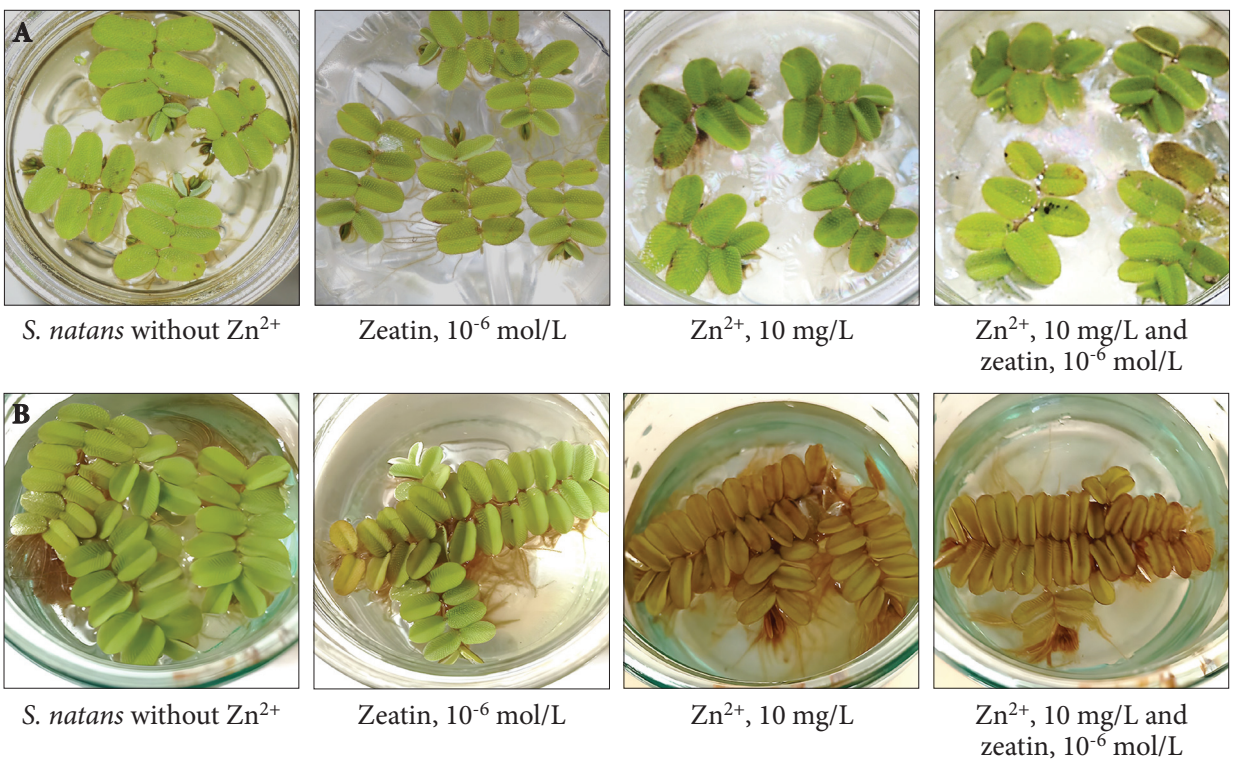


Fig. 3. Sporophytes of *Salvinia natans* during cultivation on media containing zeatin (10^{-6} M), zinc sulfate (the content of pure zinc per liter of water is indicated) and a mixture of zinc and zeatin on the seventh day of the experiment. A: at the stage of intensive growth; B: at the stage of formation of sori and maturation of spores

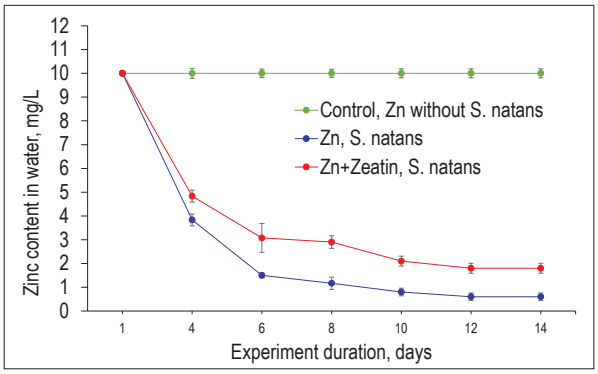


Fig. 4. Dynamics of biological extraction of zinc ions from water by sporophytes of *Salvinia natans*

when $ZnSO_4$ was added, while no significant differences were observed when a mixture of $ZnSO_4$ and zeatin was added compared to the control. In mature fronds of sporophytes, the amount of chlorophylls *a*+*b* decreased by 1.8 fold when $ZnSO_4$ was added and by 2.1 fold when the mixture of metal and hormone was applied. Under the influence of exogenous zeatin, the *a*+*b* indices dropped 1.2 times.

The ratio of the amount of chlorophylls *a*+*b* to carotenoids at the stage of intensive growth in the presence of zinc sulfate was within the control range, while in the variant $ZnSO_4$ + zeatin this indicator increased by 12%. During the stage of sori formation and spore maturation, a decrease in the ratio chlorophylls (*a*+*b*) to carotenoids was observed in all variants of the experiment: with the addition of $ZnSO_4$ — by 28%, with the combination of $ZnSO_4$ + zeatin — by 39%, in the presence of zeatin — by 19%.

Therefore, in the presence of zinc sulfate in the culture medium, the content of chlorophylls in the floating fronds of the *S. natans* sporophyte decreased, while the content of carotenoids was within the control range. The pigment complex of the mature sporophyte fronds turned out to be more sensitive to the action of the metal. The addition of zeatin mitigated the negative effect of the metal on the pigment complex in fronds of young sporophytes, but increased it in mature sporophytes fronds. A positive effect of zeatin on the pigment complex of mature fronds was revealed.

The effect of exogenous zeatin on the extraction of zinc ions from the aqueous medium by sporophytes of *S. natans*

Young sporophytes of *S. natans* at the stage of intensive growth effectively removed zinc ions from water (Fig. 4). For 12 days of cultivation, the concentration of zinc in water reduced by more than 90%, while with the addition of zeatin it decreased by 82%. At the end of the experiment, the content of zinc ions in the water was less than one milligram per liter, which is below the maximum permissible level of zinc in drinking water and water used for domestic purposes (1 $mg \cdot L^{-1}$), accepted in Ukraine. The highest rates of extraction of zinc ions by *S. natans* sporophytes were observed between the first and sixth days, after which the rate of absorption slowed down. Starting from the 12th day, the zinc content in the water practically did not change. The addition of zeatin caused inhibition of the process of extracting zinc ions, which was especially noticeable in the time period between the fourth and tenth days of the experiment. The concentration of zinc in water in the presence of the hormone at the end of the experiment was 1.8 $mg \cdot L^{-1}$. At the same time, in the variant without the addition of zeatin, three times less zinc remained in the water. In the control, the concentration of zinc ions in water remained unchanged throughout the experiment (Fig. 4). In general, the present study demonstrated the phytoremediation capacity of *S. natans* sporophytes for the biological extraction of Zn^{2+} ions from a polluted water environment.

Discussion

Zinc is an essential microelement vital for the normal growth and development of plants. However, elevated concentrations of zinc in soil or water bodies, particularly near lead-zinc production sites, ferrous metallurgy enterprises, and urban areas, can exert toxic effects on plants. Symptoms such as stunted root growth and chlorosis on young leaves can be manifested rapidly under such conditions (Khan, Khan, 2014; Balafrej et al., 2020). At extremely high zinc concentrations, leaves may undergo complete discoloration and eventual death (Fig. 5). Excessive zinc levels within plant cells hinder biomass accumulation by affecting the integrity of photosynthetic membranes and proteins (Zhao et al., 2012; Beyer et al., 2013; Ebbs et al., 2015) and impacting mineral nutrition, particularly the bioavailability of potassium ions (Hafeez et al., 2013). Despite being a divalent metal without redox properties, zinc indirectly induces oxidative stress through various mechanisms. Notably, it induces glutathione deficiency, binds to protein sulfhydryl groups, inhibits antioxidant enzymes, and

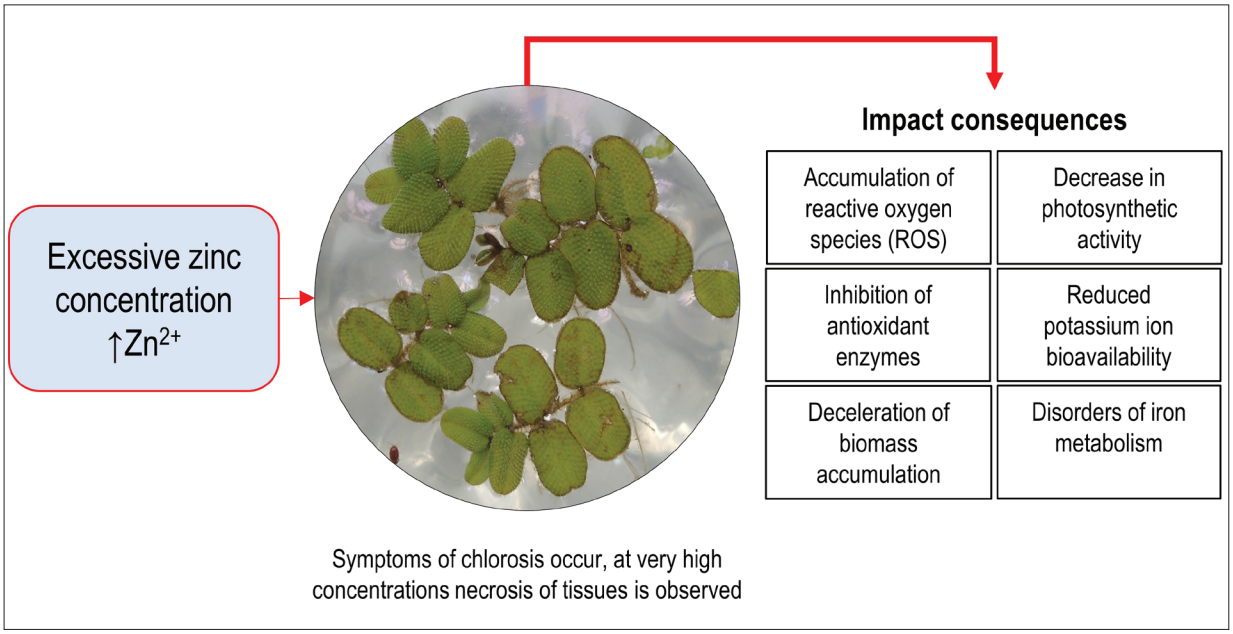


Fig. 5. Effects of excessive zinc concentrations in water and soil on plants

triggers enzymes involved in active oxygen forms production (Bielen et al., 2013). Plants response to zinc excess depends on species sensitivity to HM, water availability, soil pH, and the presence of other chemical elements in the soil or water solution (Noulas et al., 2018). The precise mechanism by which exogenous phytohormones impact phytoextraction remains unclear. However, it is hypothesized that they enhance the process by promoting plant growth and biomass accumulation while inhibiting the reproductive process (Tassi et al., 2008). For instance, treatment with cytokinin significantly enhanced the ability of *Alyssum murale* plants to extract nickel by increasing plant biomass (Cassina et al., 2011).

Exogenous zeatin affected the morphometric indices of *S. natans* sporophytes minimally. Nevertheless, it mitigated the negative effects of zinc, as evidenced by the increase in sporophyte DW when zeatin was added to the culture medium in the presence of zinc sulfate. On the 7th day of cultivation, zeatin (10^{-6} M) induced a 11.8% and 9% increase in the DW of young and mature *S. natans* sporophytes, while the addition of zinc sulfate (10 mg l^{-1} zinc) resulted in 41.2% and 45.5% reduction in a DW. When zeatin was added to the culture medium in the presence of zinc sulfate, the DW of the sporophyte increased by 40% and 50%. However, it did not reach the control levels observed in the variant without zinc sulfate (Fig. 2). These results highlight the negative impact of zinc on ferns and the mitigating effect of exogenous zeatin. In a study by Hołtra and Zamorska-Wojdyła (2014) a 42% decrease in the DW of the *Salvinia natans* sporophytes was reported on the 14th day of cultivation in a medium containing 20 mg Cu/dm^3. The adverse effects of zinc on the ferns were further evidenced by chlorosis symptoms and browning of the floating fronds, which became more pronounced over seven days of cultivation, particularly in mature sporophytes. Addition of zeatin mitigated chlorosis, resulting in less intense symptoms (Fig. 3).

Successful adaptation to environmental conditions largely depends on the optimal functioning of the photosynthetic apparatus, with key indicators being the content of photosynthetic pigments (Syvash, Zolotareva, 2017; Kosakivska et al., 2018). In metal-contaminated environments, chlorosis and stunted plant growth indicate disruptions in the biosynthesis pathways of photosynthetic pigments, impacting plastid development, photosynthetic efficiency, and general metabolism (Rai et al., 2016). Several studies have documented reductions in photosynthetic pigment content and negative impact on photosynthesis attributed to Cd, Pb, Ni and Hg exposure in *S. natans* sporophytes (Leblebici et al., 2018; Sitarska et al., 2023), iron in *Salvinia minima* Baker (Leal-Alvarado et al., 2016),

lead in *S. biloba* Raddi (Loría et al., 2019), Cd and Pb in *S. cucullata* Bory (Phetsombat et al., 2006), chromium (Cr) in *S. auriculata* Aubl. (cited as *S. rotundifolia* Willd.) and *S. minima* (Prado et al., 2016). Zinc's impact on green pigment content may be attributed to the formation of metal-substituted chlorophyll, blockage of the electron transport chain, and reduced enzyme activity in chlorophyll biosynthesis, as observed by Rai et al. (2016). Changes in photosynthetic activity in Salvinia species depended on HM concentration and exposure duration. We found that zinc sulfate in the water led to decreased chlorophylls *a*+*b* content in *S. natans* sporophytes.

Cytokinins influence the activity of photosynthetic enzymes, chlorophyll biosynthesis, and the rate of photosynthesis (Hönig et al., 2018). Our study demonstrated that zeatin alleviated the negative impact of $ZnSO_4$ on the content of photosynthetic pigments in young sporophytes, but did not fully counteract the effect of HM, and in fact, slightly exacerbated it in mature sporophytes of *S. natans*. We did not observe a significant difference in the chlorophylls *a*+*b* during the stage of intensive growth. However, at the stage of sori formation and spore maturation, these indices substantially decreased. Moreover, the ratio of *a*+*b* / carotenoids in both developmental stages of *S. natans*, under the influence of zinc sulfate and zeatin addition, significantly decreased, particularly in mature sporophytes, indicating reduced photochemical activity. Dhir et al. (2011) demonstrated that Zn exposure leads to a significant reduction in photosynthetic pigments, a finding that aligns with our results.

Our study demonstrated that young *S. natans* sporophytes effectively reduce zinc ion levels in water. In the experimental group without zeatin, zinc concentration decreased by over 90% within 12 days, reaching less than one milligram per liter by the experiment's end, below the permissible level for drinking and domestic water in Ukraine (1 mg·L^{-1}). Previous works (Dhir et al., 2008; Dhir, Srivastava, 2011) reported *Salvinia* sporophytes capable to extracting up to 90% of zinc from polluted water. However, adding zeatin noticeably inhibited zinc ion adsorption, particularly between the 4th and 10th day of the experiment (Fig. 5). At the experiment's conclusion, zinc concentration in water with zeatin was 1.8 mg·L^{-1}, three times higher than without zeatin. The reason for such a slowdown may be that zeatin stimulates the process of cell proliferation in vegetative organs, particularly in floating and submerged fronds, leading to an increase in the mass of undifferentiated cells, which are most strongly affected by zinc toxicity. Simultaneously, there is a decrease in the mass of differentiated extracellular structures where chelation of adsorbed heavy metal ions occurs (Zhao et al., 2012; Mohebi, Nazari, 2021). This, in turn, slows down the removal of zinc from the water. In this experimental variant, the addition of zeatin acts as a stress factor. Specifically, the hormone interferes with the process of chelation of zinc ions by *S. natans* sporophytes and significantly hampers adaptive changes. Exogenously used phytohormones are known to be metabolized much faster than endogenous ones, and an excess of the hormone disrupts the hormonal balance, often perceived by plants as stress (Vedenicheva, Kosakivska, 2017). The results of the experiment suggest that the vegetative sporophytes of *S. natans* can effectively and economically purify water from zinc contamination. However, the addition of zeatin not necessarily improves the efficiency of using *S. natans* in extracting zinc ions from water. The introduction of exogenous zeatin likely increases the stress caused by the supply of excessive amounts of zinc.

Conclusions

The study investigated the impact of exogenous zeatin on morpho-physiological parameters and the ability of *Salvinia natans* sporophytes to biologically extract zinc ions from the aquatic environment.

During the stages of intensive growth and sori formation and spore maturation, exogenous zeatin induced an increase in the dry weight of *S. natans* sporophytes and alleviated the impact of zinc sulfate on this parameter. However, the hormone did not mitigate the adverse effect of zinc on fresh weight accumulation.

The addition of zeatin ameliorated the detrimental effects of zinc on the pigment complex of sporophytes during the intensive growth stage. The pigment complex exhibited greater sensitivity to HM exposure during sori formation and spore maturation, manifesting in leaf browning and more pronounced chlorosis. The addition of zeatin resulted in chlorosis adopting a punctate pattern and being less intense.

The capacity of *S. natans* sporophytes to biologically extract zinc ions from the aqueous medium was demonstrated. Over a 14-day cultivation

period, the zinc concentration decreased by more than tenfold from 10 mg·L^{-1} to 0.6 mg·L^{-1}. The addition of zeatin did not impact the efficiency of zinc ions extraction from water.

Acknowledgments

The authors express their sincere gratitude to Olena K. Zolotareva for her valuable consultations and insightful discussions of the results.

The publication contains the results of research conducted within the framework of the research project 0121U114018 "*Exogenous phytohormones in the regulation of growth and development of aquatic macrophytes of the genus Salvinia — promising for phytoindication and phytoremediation of polluted waters*" (2022–2026) supported by the National Academy of Sciences of Ukraine.

ETHICS DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

I.V. Kosakivska: https://orcid.org/0000-0002-2173-8341
V.A Vasyuk: https://orcid.org/0000-0003-1069-9698
M.M. Shcherbatiuk: https://orcid.org/0000-0002-6453-228X
L.V. Voytenko: https://orcid.org/0000-0003-0380-0807
K.O. Romanenko: https://orcid.org/0000-0003-0456-4412

REFERENCE

Balafrej H., Bogusz D., Triqui Z.A., Guedira A., Bendaou N., Smouni A., Fahr M. 2020. Zinc hyperaccumulation in plants: A review. *Plants (Basel)*, 9(5): 562. https://doi.org/10.3390/plants9050562

Beyer W.N., Green C.E., Beyer M., Chaney R.L. 2013. Phytotoxicity of zinc and manganese to seedlings grown in soil contaminated by zinc smelting. *Environmental Pollution*, 179: 167–176. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.04.013

Bielen A., Remans T., Vangronsveld J., Cuypers A. 2013. The influence of metal stress on the availability and redox state of ascorbate, and possible interference with its cellular functions. *International Journal of Molecular Sciences*, 14: 6382–6413. https://doi.org/10.3390/ijms14036382

Cassina L., Tassi E., Morelli E., Giorgetti L., Remorini D., Chaney R.L., Barbafieri M. 2011. Exogenous cytokinin treatments of an Ni hyper-accumulator, *Alyssum murale*, grown in a serpentine soil: implications for phytoextraction. *International Journal of Phytoremediation*, 13: 90–101. https://doi.org/10.1080/15226514.2011.568538

Cui R., Kwak J.I., An Y.J. 2022. *Salvinia natans* microplate assay: A simple and efficient method for evaluating aquatic toxicity. *The Marine Pollution Bulletin*, 185: 114274. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114274

Dhir B., Srivastava S. 2011. Heavy metal removal from a multi-metal solution and wastewater by *Salvinia natans*. *Ecological Engeneering*, 37: 893e896. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.01.007

Dhir B., Srivastava S. 2012. Disposal of metal treated *Salvinia* biomass in soil and its effect on growth and photosynthetic efficiency of wheat. *International Journal of Phytoremediation*, 14: 24e34. https://doi.org/10.1080/15226514.2010.532180

Dhir B., Srivastava S. 2013. Heavy metal tolerance in metal hyperaccumulator plant, *Salvinia natans*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90: 720e724. https://doi.org/10.1007/s00128-013-0988-5

Dhir B., Sharmila P., Saradhi P.P. 2008. Photosynthetic performance of *Salvinia natans* exposed to chromium and zinc rich wastewater. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20: 61–70. https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000100007

Dhir B., Sharmila P., Saradhi P.P., Sharma S., Kumar R., Mehta D. 2011. Heavy metal induced physiological alterations in *Salvinia natans*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(6): 1678–1684. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.05.009

Dolui D., Saha I., Adak M.K. 2021. 2, 4-D removal efficiency of *Salvinia natans* L. and its tolerance to oxidative stresses through glutathione metabolism under induction of light and darkness. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208: 111708. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111708

Dolui D., Hasanuzzaman M., Saha I., Ghosh A., Adak M.K. 2022. Amelioration of sodium and arsenic toxicity in *Salvinia natans* L. with 2,4-D priming through physiological responses. *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 9232–9247. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16246-7

Ebbs S.D., Bradfield S.J., Kumar P., White J.C., Musante C., Ma X. 2015. Accumulation of zinc, copper, or cerium in carrot (*Daucus carota*) exposed to metal oxide nanoparticles and metal ions. *Environmental Science: Nano*, 3: 114–126. https://doi.org/10.1039/C5EN00161G

Gomes S.M., De S., De Lima V.L.A., De Souza A.P., Do Nascimento J.J.V.R., Do Nascimento E.S. 2014. Chloroplast pigments as indicators of lead stress. *Agricultural Engineering*, 34: 877–884. https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000500007

Hafeez B., Khanif Y.M., Saleem M. 2013. Role of zinc in plant nutrition. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3(2): 374–391. https://doi.org/10.9734/AJEA/2013/2746

Holm G. 1954. Chlorophyll mutations in barley. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 4(1): 457–471. https://doi.org/10.1080/00015125409439955

Hołtra A., Zamorska-Wojdyła D. 2014. Bioaccumulation capacities of copper (II) ions in *Salvinia natans*. *Environment Protection Engineering*, 40(4): 41–51. https://doi.org/10.37190/EPE140404

Hönig M., Plíhalová L., Husičková A., Nisler J., Doležal K. 2018. Role of cytokinins in senescence, antioxidant defence and photosynthesis. *International Journal of Molecular Science*, 19(12): 4045. https://doi.org/10.3390/ijms19124045

Hu C., Liu X., Li X., Zhao Y., 2014. Evaluation of growth and biochemical indicators of *Salvinia natans* exposed to zinc oxide nanoparticles and zinc accumulation in plants. *Environmental Science and Pollution Research,* 21: 732e739. https://doi.org/10.1007/s11356-013-1970-9

Jiang X., Zhu S., Wu Y., Huai H. 2009. The effects of cooking oil fume condensates (COFCs) on the vegetative growth of *Salvinia natans* (L.) All. *Journal of Hazardous Materials*, 172(1): https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.001

Khan M.I.R., Khan N.A. 2014. Ethylene reverses photosynthetic inhibition by nickel and zinc in mustard through changes in PS II activity, photosynthetic nitrogen use efficiency, and antioxidant metabolism. *Protoplasma*, 251(5): 1007–1019. https://doi.org/10.1007/s00709-014-0610-7

Kosakivska I.V., Babenko L.M., Shcherbatiuk M.M., Vedenicheva N.P., Voytenko L.V., Vasyuk V.A. 2016. Phytohormones during growth and development of *Polypodiophyta*. *Advances in Biology & Earth Sciences,* 1(1): 26–44.

Kosakivska I.V., Shcherbatiuk M.M., Babenko L.M., Polishchuk O.V. 2018. Characteristics of photosynthetic apparatus of aquatic fern *Salvinia natans* floating and submerged fronds. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 3(1): 13–26. Available at: http://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/ABES/V3N1/KasakivskaI.pdf

Kosakivska I.V., Vedenicheva N.P., Shcherbatiuk M.M., Voytenko L.V., Vasyuk V.A. 2022. Water ferns of *Salviniaceae* family in phytoremediation and phytoindication of contaminated water. *Biotechnologia Acta*, 15(5): 5–23. https://doi.org/10.15407/biotech15.05.005

Kosakivska I.V., Vedenicheva N.P., Voytenko L.V., Vasyuk V.A., Shcherbatiuk M.M. 2023. Phytohormones in the regulation of growth and development of water ferns of *Salviniaceae* family: a review. *Studia Biologica*, 17(3): 189–210. https://doi.org/10.30970/sbi.1703.721

Kosakivska I.V., Vedenicheva N.P., Vasyuk V.A., Shcherbatiuk M.M., Voytenko L.V., Romanenko K.O. 2024. The influence of exogenous phytohormones and zinc sulfate on the morphophysiological characteristics of the aquatic fern *Salvinia natans* (*Salviniaceae*). *Ukrainian Botanical Journal,* 81(2): 167–180. https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.02.167

Laabassi A., Boudehane A. 2019. Wastewater treatment by floating macrophytes (*Salvinia natans*) under Algerian semi-arid climate. *European Journal of Engineering and Natural Sciences*, 3: 103–110. Available at: https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/745631

Leal-Alvarado D.A., Espadas-Gil F., Sáenz-Carbonell L., Talavera-May C., Santamaría J.M. 2016. Lead accumulation reduces photosynthesis in the lead hyper-accumulator *Salvinia minima* Baker by affecting the cell membrane and inducing stomatal closure. *Aquatic Toxicology*, 171: 37–47. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.12.008

Leblebici Z., Kar M., Yalçın, V. 2018. Comparative study of Cd, Pb, and Ni removal potential by *Salvinia natans* (L.) All. and *Lemna minor* L.: interactions with growth parameters. *Romanian Biotechnological Letters*, 23(1): 13235–13248. Available at: https://acikerisim.nevsehir.edu.tr/handle/20.500.11787/5030

Loría K.C., Emiliani J., Bergara C.D., Herrero M.S., Salvatierra L.M., Pérez L.M. 2019. Effect of daily exposure to Pb-contaminated water on *Salvinia biloba* physiology and phytoremediation performance. *Aquatic Toxicology*, 210: 158–166. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.019

Mandal C., Ghosh N., Saborni Maiti, Das K., Sudha Gupta, Dey N., Adak M.K. 2013. Antioxidative responses of Salvinia (*Salvinia natans* Linn.) to aluminium stress and it's modulation by polyamine. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 19: 91–103. https://doi.org/10.1007/s12298-012-0144-4

Mohebi Z., Nazari M. 2021. Phytoremediation of wastewater using aquatic plants, A review. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 8(1): 50–58 https://doi.org/10.22126/arww.2021.5920.1196

Noulas C., Tziouvalekas M., Karyotis T. 2018. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49(1): 252–260. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009

Phetsombat S., Kruatrachue M., Pokethitiyook P., Upatham S. 2006. Toxicity and bioaccumulation of cadmium and lead in *Salvinia cucullata*. *Journal of Environmental Biology*, 27(4): 645–652. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17405325/

Phytohormonal system and structural-functional features of pteridophytes (Polypodiophyta). 2019. Ed I.V. Kosakivska. Kyiv: Nash Format. 250 p. [*Фітогормональна система та структурно-функціональні особливості папоротеподібних (Polypodiophyta)*. 2019. Гол. ред. І.В. Косаківська. Київ: Наш формат. 250 с.]. Available at: https://www.botany.kiev.ua/doc/kosakivska.pdf

Piotrowska-Niczyporuk A., Bajguz A., Kotowska U., Zambrzycka-Szelewa E., Sienkiewicz A. 2020. Auxins and cytokinins regulate phytohormone homeostasis and thiol-mediated detoxification in the green alga *Acutodesmus obliquus* exposed to lead stress. *Scientific Reports*, 10: 10193. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67085-4

Polechońska L., Klink A., Dambiec M. 2019.Trace element accumulation in *Salvinia natans* from areas of various land use types. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(29): 30242–30251. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06189-5

Prado C., Ponce C.S., Pagano E., Prado F.E., Rosa M. 2016. Differential physiological responses of two *Salvinia* species to hexavalent chromium at a glance. *Aquatic Toxicology,* 175: 213–221. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.03.027

Rai R., Agrawal M., Agrawal S.B. 2016. Impact of heavy metals on physiological processes of plants: With special reference to photosynthetic system. In: *Plant Responses to Xenobiotics*. Eds A. Singh, S. Prasad, R. Singh. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2860-1_6

Sitarska M., Traczewska T., Filarowska W., Hołtra A., Zamorska-Wojdyła D., Hanus-Lorenz B. 2023. Phytoremediation of mercury from water by monocultures and mixed cultures pleustophytes. *Journal of Water Process Engineering*, 52: 103529. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103529

Siyar S., Sami S., Majeed A. 2020. Heavy metal stress in plants: Effects on nutrients and water uptake. In: *Cellular and Molecular Phytotoxicity of Heavy Metals. Nanotechnology in the Life Sciences.* Eds M. Faisal, Q. Saquib, A.A. Alatar, A.A. Al-Khedhairy. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45975-8_6

Syvash O.O., Zolotareva O.K. 2017. Regulation of chlorophyll degradation in plant tissues. *Biotechnologia Acta*, 10(3): 20–30. https://doi.org/10.15407/biotech10.03.020

Tassi E., Pouget J., Petruzzelli G., Barbafieri M. 2008. The effects of exogenous plant growth regulators in the phytoextraction of heavy metals. *Chemosphere*, 71: 66–73. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.10.027

Török A.I., Moldovan A., Senila L., Kovacs E., Resz M.-A., Senila M., Cadar O., Tanaselia C., Levei E.A. 2023. Impact of low lithium concentrations on the fatty acids and elemental composition of *Salvinia natans*. *Molecules*, 28: 5347. https://doi.org/10.3390/molecules28145347

Vedenicheva N.P., Kosakivska I.V. 2017. Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions. Kyiv: Nash Format, 202 pp. [Веденичова Н.П., Косаківська І.В. 2017. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: Наш формат, 202 с.]. Available at: https://www.botany.kiev.ua/doc/kos_ved.pdf

von Wettstein D. 1957. Chlorophyll-letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*, 12(3): 427–506. https://doi.org/10.1016/0014-4827(57)90165-9

Wang H., Cui S., Wu D., Yang X., Wang H., Wang Z. 2021. Effects of kinetin on arsenic speciation and antioxidative enzymes in fronds of the arsenic hyperaccumulator *Pteris cretica* var. *nervosa* and non-hyperaccumulator *Pteris ensiformis*. *Environmental and Experimental Botany,* 191, 104622. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104622

Zhang X., Yang X., Wang H., Li Q., Wang H., Li Y. 2017. A significant positive correlation between endogenous *trans*-zeatin content and total arsenic in arsenic hyperaccumulator *Pteris cretica* var. *nervosa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 138: 199–205. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.12.031

Zhao H., Wu L., Chai T., Zhang Y., Tan J., Ma S. 2012. The effects of copper, manganese and zinc on plant growth and elemental accumulation in the manganese-hyperaccumulator *Phytolacca americana*. *Journal of Plant Physiology*, 169(13): 1243–1252. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.04.016

Вплив екзогенного зеатину на ріст, пігментний комплекс і здатність спорофітів *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) до біологічного вилучення іонів цинку із водного середовища

І.В. КОСАКІВСЬКА, В.А. ВАСЮК, М.М. ЩЕРБАТЮК,
Л.В. ВОЙТЕНКО, К.О. РОМАНЕНКО
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного Національної академії наук України
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

Реферат. Реакція рослин на дію важких металів пов'язана з фітогормонами, зокрема цитокінінами, до активних форм яких належить зеатин. Припускають, що екзогенні фітогормони здатні індукувати стійкість рослин до дії важких металів та посилювати фітоекстракцію. В статті проаналізовано вплив екзогенного зеатину на морфо-фізіологічні характеристики молодих і зрілих спорофітів *Salvinia natans* та їхню здатність до біологічного вилучення іонів цинку з водного середовища. У фази інтенсивного росту та формування сорусів і дозрівання спор за умови цинкового навантаження екзогенний зеатин (10^{-6} М) індукував зростання маси сухої речовини спорофіту на 40% та 50%, відповідно. Водночас гормон не знімав негативної дії важкого металу на накопичення маси сирої речовини. За присутності сульфату цинку загальний вміст хлорофілів у ваях молодих і зрілих спорофітів зменшився відповідно на 21% і на 44%, тоді як вміст загальних каротиноїдів зменшився на 21% в обох випадках. Додавання зеатину пом'якшувало негативну дію металу на пігментний комплекс у ваях молодих спорофітів, проте посилювало у ваях зрілих спорофітів. Більш чутливим до дії металу виявився пігментний комплекс спорофіту у фазу формування сорусів і дозрівання спор, що проявилось у побурінні вай і більш виразному прояві хлорозу. При додаванні зеатину хлороз набував точкового характеру і був менш інтенсивним. Продемонстровано здатність спорофіта *S. natans* до біологічної вилучення іонів цинку з водного середовища. Через 14 діб культивування концентрація цинку зменшилась більш ніж у десять разів з 10 мг·л$^{-1}$ до 0,6 мг·л$^{-1}$. Додавання зеатину не впливало на ефективність вилучення іонів цинку з води.

Ключові слова: *Salvinia natans*, біологічне вилучення, зеатин, пігменти, ростові показники, цинк

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ
AUTHOR GUIDELINES

Український ботанічний журнал публікує оригінальні статті з усіх напрямів ботаніки та мікології, а саме: загальних проблем, флористики, геоботаніки, систематики, екології, еволюції, географії, морфології, анатомії, ембріології, фізіології, біохімії, клітинної та молекулярної біології рослин і грибів, історії науки, ботанічного ресурсознавства й охорони фіто- та мікобіоти.

Рукописи приймаються українською та англійською мовами.

Редакційна колегія *Українського ботанічного журналу* у своїй діяльності **дотримується принципів видавничої етики та керується положеннями з етики наукових публікацій** (*Committee on Publication Ethics* (*COPE*) — https://publicationethics.org/.

Автори при поданні рукопису несуть відповідальність за розкриття своїх прямих або непрямих фінансових і інших **конфліктних інтересів,** здатних вплинути на їхню роботу. У рукописі мають бути згадані всі особи й організації, що надали фінансову підтримку, а також брали у роботі особисту участь. **Зокрема, повинні бути вказані програми та/або гранти, в рамках яких автори виконували дослідження**. Автори можуть надавати імена тих, кому, на їхню думку, не слід направляти рукопис на рецензію в зв'язку з можливим, як правило, професійним, конфліктом інтересів. **Редакційна колегія при ухваленні рішень зважає на наявність конфлікту інтересів.** Члени редколегії не залучаються до прийняття рішень щодо статей, у яких вони можуть мати конфлікт інтересів.

Фальсифікація та фабрикація даних, плагіат, а також інші порушення наукової етики є неприпустимими.

Матеріали, подані до друку в інші видання чи вже опубліковані (повністю або частково), не приймаються і не розглядаються. Виключення може бути зроблене лише для оглядових статей, або якщо для поширення наукових знань є доцільною публікація в різних журналах чи іншими мовами; в усіх таких випадках потрібні: (1) згода всіх співавторів (якщо вони є); (2) підтверджене погодження редакторів усіх залучених видань; (3) належні посилання на оригінальні публікації.

При використанні опублікованих в *Українському ботанічному журналі* матеріалів посилання на публікацію в *Українському ботанічному журналі* є обов'язковим.

До редколегії *Українського ботанічного журналу* на адресу редакції *secretary_ubzh@ukr.net* окремими файлами потрібно надіслати: ● повний текст статті (включно з рисунками, таблицями, рефератами) у форматах .doc або .docx; ● матеріали для електронного додатку (за необхідності); ● супровідну інформацію.

Рукописи повинні відповідати стилю та редакційним стандартам *Українського ботанічного журналу*. При підготовці рукопису **просимо керуватися, крім наведених правил, публікаціями в останніх номерах журналу і точно дотримуватися зазначених вимог** щодо форматування.

1. До розгляду приймаються **різні за обсягом** статті. Таблиці (синоптичні тощо), рисунки (зображення гербарних зразків тощо), додаткові матеріали (список досліджених гербарних зразків, флористичні списки) значного розміру можуть бути опубліковані в електронному варіанті журналу як **електронні додатки до статті**, з посиланням на них у друкованій версії.

2. Розміщення матеріалу статті. Мовою статті наводяться: ● назва статті (напівжирним, звичайним за розміром шрифтом); ● ім'я повністю, ініціал по батькові або ініціал другого імені (за потреби) та прізвище автора/авторів (великими літерами, напівжирним шрифтом); ● повна назва установи, де виконане дослідження, її повна поштова адреса; якщо автори працюють у різних установах, цифровим надрядковим індексом пов'язати прізвище автора і місце його роботи; ● електронна адреса

автора для листування, пов'язана з прізвищем автора *; ● реферат та ключові слова; ● текст статті; ● повідомлення від авторів про відсутність будь-якого конфлікту інтересів; ● посилання на електронний додаток (Supplementary Material) за необхідності; ● ідентифікатори авторів у міжнародному реєстрі вчених ORCID; ● список посилань; ● мовою, відмінною від мови статті (українською або англійською): назва статті, прізвище та ініціали автора/авторів, повна назва установи/установ, де виконано дослідження, реферат, ключові слова.

3. Структурно стаття має складатися з таких розділів: **Вступ**, **Матеріали та методи**, **Результати та обговорення** (або **Результати**, **Обговорення** окремо), **Висновки**, за потреби — **Подяки**; наприкінці мають бути вказані **програми** та/або **гранти**, в рамках яких виконувалось дослідження. В окремих випадках можлива модифікація розділів. Таксономічні, флористичні, проблемно-теоретичні статті та короткі повідомлення можуть бути цілісними, без виділених розділів.

4. Виклад тексту має бути чітким та стислим, без довгих екскурсів і повторень.

Текст надавати у редакторі Microsoft Word: шрифт Times New Roman; кегль 12; міжрядковий інтервал — 1,5; без переносів і вирівнювання за правим краєм; усі поля — 2 см; сторінки рукопису позначаються наскрізною нумерацією.

Фізичні величини слід наводити в одиницях СІ. Для позначення інтервалу значень використовувати коротке тире (*n*-dash), наприклад: 5–12 см, 60–80%. У тексті повинні бути лише "англійські" лапки. Скорочення слів і словосполучень у тексті статті, в оформленні таблиць і рисунків, окрім загальноприйнятих, неприпустимі. За необхідності скорочення можна наводити після попереднього розшифрування (наприклад: Національний природний парк (НПП) і далі за текстом — НПП).

Наукові назви таксонів рослин і грибів усіх рангів слід давати курсивом і лише латинською мовою. При першому їхньому згадуванні в тексті — із зазначенням авторів таксонів, далі — без авторів, за винятком номенклатурно-таксономічних публікацій (за потреби), а також випадків, коли це слід зробити для уникнення таксономічної неясності чи плутанини. Ранги таксонів (наприклад, subg., subsp., var. тощо) слід наводити прямим шрифтом. При першому згадуванні видів назву роду потрібно наводити повністю, надалі скорочувати до однієї літери, за винятком тих випадків, коли речення розпочинається з латинської назви або ж коли йдеться про види, що належать до різних родів, назви яких починаються з однакової літери. У підписах до таблиць та рисунків родові назви рослин і грибів не скорочуються (виключення — перелік кількох видів одного роду).

Імена та скорочення імен **авторів таксонів** рослин слід стандартизувати за *The International Plant Names Index* (https://www.ipni.org/), назви та авторів таксонів грибів — за *MycoBank* (https://www.mycobank.org/) або *Index Fungorum* (https://www.indexfungorum.org/), варіант технічного оформлення редакція залишає за собою. Якщо в назві статті наводяться назви видів (або інших таксонів до родового рангу включно), авторів таксона не вказувати, а в дужках обов'язково навести родину або таксон вищого рангу, до яких цей вид (види) або інший таксон (інші таксони) належать. У рефератах автори таксонів не наводяться. Як виключення, автори таксонів можуть бути наведені в назві та/або рефератах тільки у номенклатурно-таксономічних статтях і лише тоді, коли ця інформація є критично важливою з номенклатурної точки зору.

У разі морфологічних, анатомічних, палінологічних та інших досліджень слід чітко **вказувати кількість використаних рослин, зразків тощо, на основі яких проводили дослідження**. Обов'язково цитуються **етикетки або інші ідентифікатори використаних гербарних зразків** або інших об'єктів зберігання, з якими працював автор; якщо зразки чисельні, вказується лише місце зберігання (гербарій, колекція) і номери зразків. Етикетки цитуються повністю, мовою оригіналу із зазначенням (за наявності) номеру зразка або баркоду (штрих-коду, інвентарного номеру) та акроніму гербарію, в якому вони зберігаються (наприклад, KW-M71602); при цитуванні зразків із баз даних гербаріїв адреса (електронна локалізація або електронний ідентифікатор) зображення наводиться за вимогами певного гербарію або бази даних. Акроніми гербаріїв цитуються за *Index Herbariorum* (https://sweetgum.nybg.org/science/ih/) або за виданням *Гербарії України* (2011) (https://www.botany.kiev.ua/doc/Herbarium_Ukr_2011.pdf).

Матеріалам щодо **першої знахідки виду чи роду рослин і грибів на території України** або будь-якої іншої країни редакція надає пріоритет. Рішення щодо публікації коротких повідомлень про нову знахідку раніше зареєстрованих таксонів редколегія приймає на свій розсуд, окремо для кожного випадку. Винятком є повідомлення про нові знахідки видів, включених до Червоної книги України.

Літературні джерела слід наводити у тексті у такий спосіб: П.П. Іваненко (Ivanenko, 2002); (Ivanenko, 2002); (Ivanenko, 2002, 2014a, 2014b; Jones et al., 2004; Petrenko, Sydorovych, 2010), Jones (2008), (Jones, 2008), (Chervona…, 1996, 2009; Opredelitel…, 1987; etc.) тощо. При цитуванні текстового фрагменту або інших конкретних компонентів публікації (наприклад, зображень, першоописів тощо) необхідно вказувати сторінку або відповідні сторінки цитованого джерела; наприклад: (Sydorovych, 2010: 158). Якщо одночасно наводиться декілька посилань, слід дотримуватись хронологічної послідовності.

У **Висновках** надавати лише основний підсумок роботи, підкреслити її новизну та значущість, запропонувати напрямки подальших досліджень; уникати інформації, поданої в тексті та рефераті.

Усі матеріали, які планується оприлюднювати як **електронні додатки**, необхідно надавати одночасно з основним рукописом. Переконайтеся, що ці матеріали згадуються у тексті статті.

Редакція залишає за собою право вносити у текст зміни, які не впливають на зміст, вкладений у нього автором.

Електронний файл рукопису статті повинен мати назву, яка відповідає транслітерації латиницею прізвища першого автора, наприклад, "Petrenko".

5. Таблиці наводити у тексті після першого згадування. Якщо таблиця переходить на наступну сторінку, її не розбивати, головку не дублювати. Головки таблиць повинні точно відповідати змісту граф. Матеріал, наведений у таблицях, не повинен дублюватися в тексті, але може бути частково використаний при обговоренні результатів. Назву кожної таблиці наводити напівжирним шрифтом мовою статті (якщо стаття не англійською) та англійською мовою; назви родів (якщо є) не скорочувати. Таблиці в електронному додатку (за наявності) нумерувати незалежно від таблиць у тексті і позначати з додаванням літери S: Таблиця S1 тощо.

Усі умовні позначки та скорочення повинні бути розшифровані у виносках таблиці, навіть якщо вони також розшифровані в тексті (проте якщо вони використовуються в наступних таблицях, можна зробити це лише у першій таблиці).

6. Ілюстрації автор розміщує в тексті статті після першого посилання на них (розмір усього файлу статті з рисунками в редакторі Word не повинен перевищувати 15 Мбайт). На кожний рисунок необхідні посилання в тексті статті. Матеріал, наведений на рисунках, не має дублюватися в тексті. Однотипні ілюстрації та діаграми повинні бути витримані в однаковій стилістиці й, за можливості, зібрані в межах одного рисунка. Кожна вісь повинна бути позначена та мати одиниці вимірювання; товщина ліній не може бути меншою за 1 пт.

Кожну ілюстрацію потрібно надіслати окремим повнорозмірним електронним файлом **у форматі, що підтримує можливість редагування і максимально зберігає деталі** ("Petrenko_Fig01", "Petrenko_Fig02" тощо). Для ілюстрацій, що містять текст (діаграми, графіки), перевага надається векторним форматам (.pdf, .svg, .eps), або "рідним" форматам програм, в яких вони були створені (.xls, .psd, .ai). Растрові ілюстрації (фотографії) мають бути чіткими та контрастними, **з роздільною здатністю від 150 до 300 пікселів** на дюйм. Штучне підвищення роздільної здатності неприпустиме.

Ілюстрації, які не відповідають вищезазначеним вимогам, до друку не приймаються. Зображення у форматі .jpeg (.jpg) слід зберігати в режимі "максимальний". Якщо рисунок складається з декількох ілюстрацій, кожне окреме зображення позначати **великими прямими латинськими літерами шрифтом Times New Roman**.

Кожну ілюстрацію супроводжувати підписами українською (якщо стаття не англійською мовою) та англійською, наприклад:

Рис. 1. *Cannabis ruderalis*. A: жіноча квітка; B: чоловіча квітка

Fig. 1. *Cannabis ruderalis*. A: pistillate flower; B: staminate flower

У підписах слід пояснювати значення всіх умовних позначок; до мікрофотографій потрібно вказувати збільшення (у вигляді текстового пояснення та/або добре помітного масштабного штриха або масштабної лінійки); назви родів не скорочувати.

Рисунки в електронному додатку (за наявності) нумерувати незалежно від рисунків у тексті і позначати з додаванням літери S: Рис. S1 тощо. Усі умовні позначки та скорочення повинні бути розшифровані, навіть якщо вони також розшифровані в тексті (проте якщо вони використовуються в наступних рисунках, можна зробити це лише у підпису до першого).

7. Список посилань має містити лише процитовані джерела і складатися за латинською абеткою. Публікації одного автора (або групи тих же авторів) розміщуються в хронологічній послідовності. Якщо протягом року опубліковано декілька праць, вони позначаються відповідно літерами a, b, c тощо; ці літери вказуються поряд із роком публікації (1970a, 1985b тощо). Якщо цитується не перше видання певної праці, це потрібно зазначити (4-те вид., 4th ed. тощо). У посиланнях слід **наводити всіх авторів роботи**, незалежно від їхньої кількості (за винятком спільного авторства консорціумів, наприклад, Angiosperm Phylogeny Group — APG тощо). При посиланнях на "Флори", "Червоні книги" тощо, цитування починати з **автора/авторів обробки** певного таксона або таксонів, що розглядаються.

Праці, опубліковані латиницею, подаються мовою оригіналу. Для праць, опублікованих кирилицею, необхідно подавати транслітерований або перекладений латиницею бібліографічний опис. **Транслітератор**, яким **обов'язково** слід користуватися, розміщений на сайті *Українського ботанічного журналу*: https://ukrbotj.co.ua/tools. **Зверніть увагу**: транслітерація посилань українською і російською мовами відрізняється. Прізвища авторів транслітеруються так, як вони наводяться самими авторами (потрібно орієнтуватися на англомовні реферати нещодавно опублікованих праць цих авторів; для номенклатурно-таксономічних робіт — також на стандартну латинізовану форму прізвища). Якщо праця (книга, стаття, автореферат, збірка матеріалів конференції) опублікована, наприклад, українською мовою, але має також оригінальну назву англійською, латинською тощо (наведену на титульному аркуші книги або в рефераті), то варто навести її замість транслітерованої.

У разі потреби неопубліковані дані можуть надаватися лише у тексті статті з приміткою "персональне повідомлення", тільки за згодою особи, що надала інформацію і з позначенням цієї особи. Цитування дисертаційних робіт і звітів у списку посилань надавати з позначкою "рукопис", або "manuscript", відповідно.

Список посилань оформлювати за наведеними зразками

Книги

Zerov D.K. 1964. *Flora pechinochnykh i sfahnovykh mokhiv Ukrainy*. Ed. A.M. Oxner. Kyiv: Naukova Dumka, 357 pp. [Зеров Д.К. 1964. *Флора печіночних і сфагнових мохів України*. Відп. ред. А.М. Окснер. Київ: Наукова думка, 357 с.]

Dudka I.O, Heluta V.P., Tykhonenko Yu.Ya., Andrianova T.V., Hayova V.P., Prydiuk M.P., Dzhagan V.V., Isikov V.P. 2004. *Hryby pryrodnykh zon Krymu* (*Fungi of the Crimean Peninsula*). Ed. I.O. Dudka. Kyiv: Phytosociocentre, 452 pp. [Дудка І.О., Гелюта В.П., Тихоненко Ю.Я., Андріанова Т.В., Гайова В.П., Придюк М.П., Джаган В.В., Ісіков В.П. 2004. *Гриби природних зон Криму*. Ред. І.О. Дудка. Київ: Фітосоціоцентр, 452 с.]

Wettstein R. 1935. *Handbuch der Systematischen Botanik*. Leipzig; Wien: Franz Deutike, 994 S.

Окрема книга з багатотомного видання

Didukh Ya.P., Korotchenko I.A., Fitsailo T.V., Burda R.I., Moysiyenko I.I., Pashkevich N.A., Iakushenko D.M., Shevera M.V. 2010. *Ekoflora of Ukraine*. Vol. 6. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Phytosociocentre, 422 pp. [Дідух Я.П., Коротченко І.А., Фіцайло Т.В., Бурда Р.І., Мойсієнко І.І., Пашкевич Н.А., Якушенко Д.М., Шевера М.В. 2010. *Екофлора України*. Т. 6. Відпов. ред. Я.П. Дідух. Київ: Фітосоціоцентр, 422 с.]

Neyburg M.F. 1948. *Verkhnepaleozoyskaya flora Kuznetskogo basseyna*. In: *Paleontologiya SSSR*. Vol. 12, part 3, issue 2. Moscow; Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR, 418 pp. [Нейбург М.Ф. 1948. *Верхнепалеозойская флора Кузнецкого бассейна*. В кн.: *Палеонтология СССР*. Т. 12, ч. 3, вып. 2. Москва; Ленинград: Издательство АН СССР, 418 с.]

Частина книги

Protopopova V.V. 2009. *Dactylorhiza cordigera*. In: *Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 565. [Протопопова В.В. 2009. *Dactylorhiza cordigera*. В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ*. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 565.]

Gymez A., Lunt D.H. 2006. Refugia within refugia: patterns of phylogeographic concordance in the Iberian Peninsula. In: *Phylogeography of Southern European Refugia*. Eds S. Weiss, N. Ferrand. Dordrect: Springer, pp. 155–188.

Періодичні видання

Mosyakin S.L. 2018. The correct name in *Knowltonia* for an iconic southern African species earlier known as *Anemone tenuifolia* and *A. capensis* (*Ranunculaceae*). *Ukrainian Botanical Journal*, 75(3): 230–237. https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.03.230

Mosyakin S.L. 2002. The system and phytogeography of *Chenopodium* L. subgen. *Blitum* (L.) I. Hiitonen (*Chenopodiaceae*). *Ukrainian Botanical Journal*, 59(6): 696–701. [Мосякін С.Л. 2002. Система та фітогеографія *Chenopodium* L. subgen. *Blitum* (L.) I. Hiitonen (*Chenopodiaceae*). *Український ботанічний журнал*, 59(6): 696–701.]

Didukh Ya.P., Alioshkina U.M. 2007. Energetic balance of Kyiv City and its green belt ecosystems. *Ukrainian Phytosociological Collection. Series C. Phytoecology*, 25: 48–56. [Дідух Я.П., Альошкіна У.М. 2007. Оцінка енергетичного балансу екосистем Києва та його зеленої зони. *Український фітоценологічний збірник. Серія С. Фітоекологія*, 25: 48–56.]

Дисертації / Автореферати дисертацій

Prydiuk M.P. 2018. *Mushrooms of the families Bolbitiaceae and Psathyrellaceae of Ukraine: species composition, distribution, evolution*. Dr. Sci. Diss. Kyiv, M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine, 368 pp. (manuscript). [Придюк М.П. 2018. *Гриби родин Bolbitiaceae та Psathyrellaceae України: видовий склад, поширення, еволюція*. Дис. … д-ра. біол. наук: спец. 03.00.21 "Мікологія". Київ, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 368 с. (рукопис).]

Kucher O.O. 2016. *The alien fraction of the flora of the Starobilsk Grass-Meadow Steppe and its invasive potential*. Cand. Sci. Diss. Abstract. Kyiv, M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine, 18 pp. [Кучер О.О. 2016. *Адвентивна фракція флори Старобільського злаково-лучного степу та її інвазійний потенціал*. Автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка". Київ, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 18 с.]

Електронні ресурси

IPNI. *The International Plant Names Index*. 2023–onward. Available at: https://www.ipni.org/ (Accessed 21 March 2023)

Halbritter H., Svojtka M. 2016. *Dipsacus laciniatus*. In: *Pal-Dat — a palynological database*. Available at: https://www.paldat.org/pub/Dipsacus_laciniatus/30180 (Accessed 17 July 2020)

Посилання можна наводити безпосередньо в тексті (особливо за відсутності автора публікації) як адреси сайтів, наприклад: "...назви видів наведено за https://www.tropicos.org/ та за https://www.indexfungorum.org/"

Матеріали конференцій, семінарів

Davydov D.A. 2018. Fitosotsiolohichna nomenklatura v Ukraini: suchasnyi stan ta perspektyvy podalshoho rozvytku. In: *Classification of vegetation and biotopes of Ukraine: the Third Ukrainian Scientific-theoretical Conference proceedings*. Eds Ya.P. Didukh, D.V. Dubyna. Kyiv, pp. 124–129. [Давидов Д.А. 2018. Фітосоціологічна номенклатура в Україні: сучасний стан та перспективи подальшого розвитку. В зб.: *Класифікація рослинності та біотопів України: матеріали третьої науково-теоретичної конференції* (*Київ, 19–21 квітня 2018 р.*). Ред. Я.П. Дідух, Д.В. Дубина. Київ, с. 124–129.]

8. Текст реферату (для більшості статей — обсягом до 150 слів) повинен мати чітку структуру, бути змістовним, інформативним, логічно вибудуваним, тобто давати повне уявлення про роботу; не повинен дублювати висновки; слід уникати скорочень (крім загальноприйнятих) та посилань.

Ключові слова наводити в абетковій послідовності кожної з мов, прямим шрифтом, латинські назви — курсивом, відокремлювати комами.

9. Супровідна інформація

На окремому аркуші (окремим файлом "Petrenko_Info") **обов'язково надаються** відомості про **всіх** авторів статті: ● прізвище, ім'я та по батькові повністю українською та англійською мовами (окремо позначається автор, який листуватиметься з редакцією); ● науковий ступінь і посада; ● контактні номери телефонів; ● адреси електронної пошти.

Для статей **аспірантів** обов'язкова рекомендація наукового керівника.

10. Праці, в яких **описуються нові таксони**, повинні містити інформацію про гербарій, до якого здано на зберігання голотипи цих таксонів. Ізотипи передаються до Національного гербарію України (гербарію Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України — KW). При повідомленні про **флористичні знахідки** у статті необхідно вказати, у гербарії якої наукової установи зберігаються гербарні зразки, а також, за наявності, надати їхні унікальні ідентифікатори (наприклад, номери зборів того чи іншого колектора або баркод, інвентарний номер гербарію або інший цифровий ідентифікатор).

Якщо в статті згадується про спеціальне використання (добування, збирання) у наукових цілях **об'єктів Червоної книги України**, у редакцію необхідно надати копію дозволу згідно з Законом України про Червону книгу України (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3055-14, див. Розділ V).

Статті, **оформлення яких не відповідає правилам**, не приймаються і не розглядаються.

Подані рукописи підлягають односторонньому "сліпому" рецензуванню (a single-blind review) двома рецензентами та науковому редагуванню.

Редколегія залишає за собою **право беззаперечно відхиляти статті** на основі негативних анонімних або відкритих рецензій чи експертних висновків членів редколегії або інших фахівців.

Автори зобов'язані надавати обґрунтовані та аргументовані відповіді на зауваження рецензентів та наукового редактора.

Після повернення авторами остаточної верстки зміни до тексту не приймаються.

Правила для авторів англійською та українською мовами доступні у вигляді PDF файлів на сайті журналу: https://ukrbotj.co.ua/guidelines

ПОКАЖЧИК СТАТЕЙ, ОПУБЛІКОВАНИХ В *УКРАЇНСЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ ЖУРНАЛІ* В 2024 РОЦІ

INDEX OF ARTICLES PUBLISHED IN *UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL* IN 2024

Загальні проблеми та огляди

Mosyakin S.L. Discrimination against authors and users of biological nomenclature on the basis of their racial, national, ethnic, or ethnocultural identity shall not be tolerated: Further comments on modified nomenclatural proposals by Wright and Gillman (2023) **2** 71–86

Zander R.H. Minimally monophyletic genera are the cast-iron building blocks of evolution. **2** 87–99

Систематика, флористика, географія рослин

Блюм Р.Я., Сахарова В.Г., Рабоконь А.М., Шумілова А.В., Шиян Н.М., Мосякін С.Л., Блюм Я.Б. Поширення та внутрішньовидове різноманіття рижію дрібноплідного (*Camelina microcarpa*, *Brassicaceae*) в Україні **1** 52–62

Конякін С.М., Бурда Р.І., Буджак В.В. Просторові співвідношення аборигенних і чужорідних видів судинних рослин у лісах на південному заході міста Києва та його околиць **5** 322–334

Федорончук М.М. Критичний огляд видів роду *Poa* (*Poaceae*) флори України. **3** 203–213

de Lange P.J., James C.J. New combinations in *Anthoxanthum* (*Poaceae*) for Aotearoa / New Zealand taxa earlier placed in *Hierochloe* **4** 259–262

James C.J., de Lange P.J. A taxonomic re-evaluation of *Pittosporum roimata* Gemmill & S.N. Carter (*Pittosporaceae*, *Apiales*) **5** 307–321

Kovalchuk A. Notes on the taxonomy of the species complex *Symphytum tuberosum* (*Boraginaceae*) and on the interpretation of the name *S. microcalix* **3** 189–202

Pringle J.S., Zanotti C.A. Nomenclatural notes on South American *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*): *G. meyeniana* **1** 3–7

Shiyan N.M. Epitypification of the Linnaean name *Lemna arrhiza* (≡ *Wolffia arrhiza*), *Araceae* **6** 408–414

Shynder O.I., Pashkevych N.A., Kharytonova I.P., Holovko O.V., Mandák B., Mosyakin S.L. The enigmatic diploid *Chenopodium ucrainicum* (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* s. l.): geographical, ecological, and phytosociological patterns as clues to its origin **6** 389–407

Гриби і грибоподібні організми

Tykhonenko Yu.Ya. Species of the genus *Phragmidium* (*Pucciniales*) as parasites of roses (*Rosa*, *Rosaceae*) in Ukraine. **3** 214–228

Shevchenko M.V., Zykova M.O. *Subulicystidium perlongisporum* (*Trechisporales*), the first record in Ukraine **4** 263–270

Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу

Дідух Я.П., Розенбліт Ю.В., Логвиненко І.П. Топологічна диференціація рослинності Люблінсько-Волинського геоботанічного округу. **5** 335–354

Ларіонов М.С. Синтаксономія та екологічна диференціація рослинності класу *Festuco-Brometea* природного заповідника "Михайлівська цілина". **1** 16–35

Мартинюк П.Є., Прилуцький О.В., Маркес Г. Перша знахідка *Xerocomus silwoodensis* (*Boletaceae*) в Україні. **2** 155–161

Marshall A.J., Aptroot A., Blanchon D.J., James C.J., de Lange P.J. New Zealand *Lithothelium* (*Pyrenulaceae*) — description of a new species *Lithothelium kiritea* sp. nov., with notes on *L. australe*. **2** 145–154

Червона книга України

Калашнік К.С., Кошелев О.В., Куракін О.П. Нова знахідка *Colchicum fominii* (*Colchicaceae*) в Одеській області **5** 366–373

Чорна Г.А., Шиндер О.І., Багацька Т.С. *Subularia aquatica* (*Brassicaceae*) — фантомний вид флори України **6** 415–423

Шевчик В.Л., Соломаха І.В., Маргітич М.М., Соломаха В.А. Нові знахідки *Aldrovanda vesiculosa* (*Droseraceae*) та *Utricularia minor* (*Lentibulariaceae*) з Національного природного парку "Білоозерський" (Середнє Придніпров'я) **2** 162–166

Sukhomlyn M.M., Pasailiuk M.V., Fontana N.M. New records of a rare fungus *Tricholoma focale* (*Agaricales*) in Ukraine **6** 424–432

Флористичні знахідки

Бронсков О.І., Бронскова О.М. *Tamarix laxa* (*Tamaricaceae*) — новий вид флори України **3** 229–241

Шиндер О.І., Давидов Д.А., Ольшанський І.Г., Левон О.Ф., Несин Ю.Д. Нові флористичні знахідки у Києві та на його околицях **2** 100–144

Шиян Н.М., Орлов О.О., Якушенко Д.М. *Wolffia globosa* (*Araceae* s. l. / *Lemnaceae* s. str.) — новий водний адвентивний вид флори України **1** 40–51

Мікологічні знахідки

Придюк М.П. Нові для України представники родів *Bolbitius* і *Conocybe* (*Bolbitiaceae*, *Basidiomycota*) **6** 433–442

Придюк М.П., Сафіна Н.В. Перша знахідка *Arrhenia chlorocyanea* (*Hygrophoraceae*) в Україні **1** 36–39

Фокшей С.І., Гелюта В.П. Рідкісні в Україні та нові для Українських Карпат види макроміцетів, зареєстровані на території заповідного урочища Каменистий (Національний природний парк "Гуцульщина") **5** 355–365

Hayova V. *Artomyces microsporus* (*Auriscalpiaceae*), a rare species that may be confused with *A. pyxidatus* **4** 271–277

Біотехнологія, фізіологія, біохімія

Веденичова Н.П., Щербатюк М.М., Косаківська І.В. Ендогенні цитокініни у рослин *Secale cereale* (*Poaceae*) за дії ґрунтової посухи **3** 242–250

Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Веденичова Н.П., Васюк В.А., Щербатюк М.М., Романенко К.О. Вплив екзогенних фітогормонів та сульфату цинку на морфофізіологічні характеристики *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) **2** 167–180

Шахов І.В., Кокорев О.І., Ястреб Т.О., Дмитрієв О.П., Колупаєв Ю.Є. Підвищення схожості та антиоксидантної активності старих зернівок пшениці і тритикале праймінгом гамма-аміномасляною кислотою **4** 290–304

Atamanchuk A.R., Bisko N.A. Isolation and characterisation of melanin pigment from mycelial cultures of *Xylaria polymorpha* (*Ascomycota*) **1** 8–15

Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Shcherbatiuk M.M., Voytenko L.V., Romanenko K.O. Impact of exogenous zeatin on the growth, pigment complex and capacity of sporophytes of *Salvinia natans* (*Salviniaceae*) for biological extraction of zinc from the water **6** 443–453

Tsarenko O.M., Fedoronchuk M.M., Shykhaleyeva G.M., Felbaba-Klushyna L.M., Kaczmarek K., Bomanowska A., Rewicz A. Seed morphology of species of *Spergula* and *Spergularia* (*Caryophyllaceae*) occurring in Ukraine and its taxonomic significance **4** 278–289

Новини та дискусії

Hayova V.P., Boiko G.V., Mosyakin S.L. Toward the *Madrid Code*: nomenclatural proposals of Ukrainian botanists . . . **5** 374–380

Ювілейні дати

Василь Петрович Гелюта (з нагоди 70-річчя з дня народження) **1** 63–68

Професору Богдану Яцковяку — 70 . . . . . **5** 381–385

Втрати науки

Світлій пам'яті професора Володимира Соломахи (1955–2023). **2** 181–185

Світлій пам'яті Єлизавети Кордюм (03.11.1932 — 27.04.2024) **3** 251–255

Правила для авторів **6** 454–459

Покажчик статей, опублікованих в *Українському ботанічному журналі* в 2024 році 6 460–462