

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2415-8860 (online)

ISSN 0372-4123 (print)

2024 Vol. 81
No. 1 (480)



U KRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

A JOURNAL
FOR BOTANY & MYCOLOGY



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

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. KHODOSOVTSSEV (Kherson, Ukraine)
Sergey Y. KONDRATYUK (Kyiv, Ukraine)
Elizabeth L. KORDYUM (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

Front cover: *Wolfia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas and *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. in Radytskyi backwater (Zhytomyr Region) (see the article by Shiyian et al. on pages 40–51 in this issue).

Photo by © Olexandr Orlov

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

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)
Зігмонтас 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)
Єлізавета Л. КОРДІУМ (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. ВІНОГРАДОВА (Київ, Україна)
Соломон П. ВАССЕР (Хайфа, Ізраїль)
Олена К. ЗОЛОТАРЬОВА (Київ, Україна)

Відповідальний секретар

Марія Д. АЛЕЙНІКОВА

На обкладинці: *Wolfia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas і *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. у Радицькому затоні (Житомирська обл.) (див. статтю Шиян та ін. на стор. 40–51 у цьому номері).

Фото © Олександр Орлов



CONTENTS

Plant Taxonomy, Geography and Floristics

PRINGLE J.S., ZANOTTI C.A. Nomenclatural notes on South American *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*): *G. meyeniana* 3

Biotechnology, Physiology and Biochemistry

ATAMANCHUK A.R., BISCO N.A. Isolation and characterisation of melanin pigment from mycelial cultures of *Xylaria polymorpha* (*Ascomycota*) 8

Vegetation Science, Ecology and Conservation

LARIONOV M.S. Syntaxonomy and ecological differentiation of vegetation of the class *Festuco-Brometea* in Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve 16

Mycological Records

PRYDIUK M.P., SAFINA N.V. The first record of *Arrhenia chlorocyanea* (*Hygrophoraceae*) in Ukraine 36

ЗМІСТ

Систематика, флористика, географія рослин

ПРІНГЛІ Дж.С., ЗАНОТТІ К.А. Номенклатурні нотатки щодо південноамериканських видів роду *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*): *G. meyeniana* 3

Біотехнологія, фізіологія, біохімія

АТАМАНЧУК А.Р., БІСЬКО Н.А. Виділення та характеристика меланіну з міцеліальних культур *Xylaria polymorpha* (*Ascomycota*) 8

Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу

ЛАРІОНОВ М.С. Синтаксономія та екологічна диференціація рослинності класу *Festuco-Brometea* природного заповідника "Михайлівська цілина" 16

Мікологічні знахідки

ПРИДЮК М.П., САФІНА Н.В. Перша знахідка *Arrhenia chlorocyanea* (*Hygrophoraceae*) в Україні 36

Floristic Records

SHIYAN N.M., ORLOV O.O., IAKUSHENKO D.M.
Wolffia globosa (Araceae s. l. / Lemnaceae s. str.), a
 new aquatic alien species in the flora of Ukraine 40

Plant Taxonomy, Geography and Floristics

BLUME R.Y., SAKHAROVA V.H., RABOKON A.M.,
 SHUMILOVA A.V., SHIYAN N.M., MOSYAKIN S.L.,
 BLUME Y.B. Distribution and infraspecific diversity
 of little-pod false flax (*Camelina microcarpa*, Brassi-
 caceae) in Ukraine. 52

Anniversary Dates

Vasyl P. Heluta (the 70th anniversary). 63

Флористичні знахідки

ШИЯН Н.М., ОРЛОВ О.О., ЯКУШЕНКО Д.М.
Wolffia globosa (Araceae s. l. / Lemnaceae s. str.) —
 новий водний адвентивний вид флори України. 40

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 mi-
 crocarpa*, Brassicaceae) в Україні 52

Ювілейні дати

Василь Петрович Гелюта (з нагоди 70-річчя з дня
 народження). 63

Approved by the Academic Council of the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
 (Resolution No. 2 of 27 February 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>

The State Registration Certificate: KB No. 1279-1063ПП від 11.01.2007

Technical editor O.Ye. Bondarenko

Layout N.S. Reshetnykova

Submitted for printing on 05.03.2024. Format 84 × 108/16. Typeface. Minion Pro
 Conventional printed sheets 7,14. Physical printed sheets 8,58. Circulation 124 copies. Order no. 7198

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

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



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.003>

RESEARCH ARTICLE

Nomenclatural notes on South American *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*): *G. meyeniana*

James S. PRINGLE^{1*} , Christian A. ZANOTTI² 

¹ Royal Botanical Gardens, P.O. Box 399,
Hamilton, Ontario, Canada L8N 3H8

² Instituto de Botánica Darwinion, Labardén 200,
Casilla de Correo 22, B1642HYD, San Isidro, Buenos Aires, Argentina

* Address for correspondence: jpringle@rbg.ca

Abstract. There is no known original material linked to the name *Gentiana meyeniana* Griseb. [≡ *Gentianella meyeniana* (Griseb.) Fabris]. The uncertainty about the correct application of the name, the discrepancies among the published descriptions of the species, and the high affinity in descriptive morphology with the type material of the name *Gentianella boliviana* support a proposal that the name *Gentiana meyeniana* be rejected, since the specific epithet of the latter name has priority over *boliviana*.

Keywords: *Gentianaceae*, *Gentianella meyeniana*, nomenclature, Peru, taxonomy

The *Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru* (Zarucchi, 1993), *Vascular Plants of the Americas* (Ulloa Ulloa et al., 2018–onward), and *Plants of the World Online* (POWO, 2023–onward) all list *Gentianella meyeniana* (Griseb.) Fabris (*Gentianaceae*, tribe *Gentianeae*, subtribe *Swertiinae*) as an accepted name, and all include Peru in the range given for the species, as the basionym, *Gentiana meyeniana* Griseb., was based only on specimens from Peru. However, no specimens or images of specimens from Peru to which either of those names is currently or has formerly been applied are known. Despite our searching we have found no evidence that the name has been properly typified.

When Grisebach (1838) described *Gentiana meyeniana*, he stated that he had seen specimens "in coll. Meyen. et in herb. Hook." Grisebach had prepared the treatment of the *Gentianaceae* for a work on the plants collected by F.J.F. Meyen during the latter's world travels, and the contrast in Grisebach's wording indicates that the first of the specimens that he cited as *G. meyeniana*, from the vicinity of Lake Titicaca (Departamento Puno) in southern Peru, was probably in Meyen's personal possession when Grisebach saw it. The specimen in W.J. Hooker's herbarium was evidently collected by Andrew Mathews, as elsewhere in the protologue Grisebach mentioned a specimen collected at an unspecified locality in the Peruvian

ARTICLE HISTORY. Submitted 24 October 2023. Revised 09 January 2024. Published 23 February 2024

CITATION. Pringle J.S., Zanotti C.A. 2024. Nomenclatural notes on South American *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*): *G. meyeniana*. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(1): 3–7. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.003>

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2024

© Publisher PH "Akadempriodyka" of the NAS of Ukraine, 2024

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Andes by Mathews. Although the eponymy and the organization of the protologue suggest that Grisebach based his description of *G. meyeniana* primarily on the specimen collected by Meyen, his citation of both the Meyen and Mathews collections in the protologue requires that they be considered syntypes.

Whether Mathews, who is known to botanical history for collecting plant specimens in northern and central Peru (Wurdack, 1964), would have collected a specimen of a species not otherwise known north of Departamento Puno, in southern Peru, seems unlikely. Most of Mathews' South American specimens were deposited in Hooker's herbarium, now at K (Luteyn, 2019; see also Stafleu, Cowan, 1981; abbreviations for herbaria follow Thiers, 2008–onward), and no specimen of Peruvian *Gentianaceae* collected by Mathews is now recognized at K as a syntype of the name *Gentiana meyeniana*. In the online Kew database, the only Mathews collection from Peru listed that is now referable to *Gentianella* is *Mathews 690*, collected between Cerro Pasco and Junín in the central Peruvian Andes. It comprises small plants with crowded, narrow basal leaves and solitary flowers terminating stems mostly with a single pair of leaves above the basal cluster. It typifies the name *Gentiana saxicola* Griseb., which was published in the same work as *G. meyeniana* and is now included in the heterotypic synonymy of *Gentianella vaginalis* (Griseb.) J.S. Pringle (Ho, Liu, 1993). Wurdack (1964; see also Stafleu, Cowan, 1981) noted OXF as another significant repository of Mathews' specimens, but its online database lists no specimens collected by Mathews referable to *Gentianella*.

When Grisebach (1845) later again described *Gentiana meyeniana*, he did not mention Mathews' collection. No reason was given, but if in 1838 he had inadvertently cited the same Mathews collection under both names, *G. meyeniana* and *G. saxicola*, by 1845 he may have realized that he had done so. Or he may have identified the Mathews specimen as some other species. Nevertheless, because Grisebach did not explicitly exclude a Mathews collection from *G. meyeniana* at this time, under the provisions of Art. 7.11 of the *International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants* (Turland et al., 2018), this omission does not constitute typification.

Weddell (1859) published a description of *Gentiana meyeniana* similar in wording to Grisebach's protologue, and, further following Grisebach's 1838 publication, cited collections by Meyen and Mathews. He did not indicate repositories.

As noted by Macbride (1959), there are discrepancies between Grisebach's descriptions of *Gentiana meyeniana* and those by Weddell (1859) and Gilg (1916: key). Grisebach (1838, 1845) described the corollas of *G. meyeniana* as 6 lines long, i.e., ca. 13 mm. The descriptions by Weddell and Gilg otherwise followed Grisebach's, but Weddell, inadvertently in Macbride's opinion, and Gilg, who followed Weddell, described the corollas as being at most 6–8 mm long. Macbride stated that Grisebach described them as 18 mm long, but, although the equivalents of "lines" in modern measurements vary somewhat (see Stearn, 1983; Cardarelli, 2003), it is unlikely that this is a correct interpretation of Grisebach's 6 lines. The discrepancy between Grisebach's and Gilg's descriptions of *G. meyeniana* suggests that Gilg had not seen the specimens on which Grisebach had based the name. Gilg did not cite a repository of any specimen cited or identified as *G. meyeniana* by Grisebach, nor did he cite any specimens that he himself accepted as representing *G. meyeniana*, collected by anyone.

Macbride (1959), in writing "Puno: Lake Titicaca, 4300 m, *Meyen*, type," thereby designated one of the two syntypes as the lectotype. He presumably took the locality information from Grisebach (1838), as he had found no such specimen in his search for type specimens at B and elsewhere. Consequently, he cited no repository. He did not mention a collection by Mathews, nor did he cite any other specimens or photographs of specimens of plants identified as *Gentiana meyeniana*.

Zarucchi (1993), in listing the *Gentianaceae* of Peru, cited "*Meyen s.n.* (B)" as the type of the name *Gentianella meyeniana*, with an indication that he had not seen the specimen. This appears to be the first time that the Meyen collection was explicitly associated with the Berlin herbarium, but it was undoubtedly speculative, as Zarucchi's work was written long after the destruction of specimens at B during World War II (Sleumer, 1949). As the negative results of Macbride's search indicate, it is questionable whether there ever was a specimen at B that could have been considered a syntype or appropriately be designated a lectotype of the name *G. meyeniana*. Zarucchi cited no other specimens as *G. meyeniana*.

At GOET, where Grisebach had been director of the botanical garden, Marc Appelhans, in a search on behalf of this study, found no specimens that had been identified as *Gentiana meyeniana* or

G. meyenii (a name published by Grisebach in 1843, which he acknowledged in 1845 was synonymous with *Gentiana meyeniana*) currently or formerly filed under either of those names.

Although no Peruvian plants are now identified as *Gentianella meyeniana*, that name has been applied in recent decades to plants from Argentina and Bolivia. The earliest such application of this name was probably by Fabris (1983), in the *Flora de la Provincia de Jujuy* (Argentina), published in 1983 but written earlier, as Fabris died in 1976. In this flora, Fabris included Bolivia in the range given for the species, but he cited only Argentinian specimens and did not give the basis for his inclusion of Bolivia in the range. Later, Ángel Cabrera, who as editor of the *Flora de la Provincia de Jujuy* would have seen Fabris's manuscript for the flora prior to its publication, applied the name *Gentianella meyeniana* on the herbarium label, with no authorship given, to Ceballos *et al.* 653 (SI), from Departamento La Paz, Bolivia. This specimen was collected in 1979; the identification was not dated.

Fabris (1983) and Filippa and Barboza (2006, 2008) applied the name *Gentianella meyeniana* (Griseb.) Fabris to two collections from Departamento Rinconada, Prov. Jujuy, Argentina, or perhaps to only one, as indicated in Filippa and Barboza (2021); only one could be found in 2023. This specimen, Schwabe *et al.* 1076 (LP), had been identified by Fabris in 1968 as *Gentianella boliviana*, a combination unpublished at the time, based on *Gentiana boliviana* Pax. In 2003 it was annotated as "*Gentianella meyeniana* Fabris in Fl. Jujuy" by Eva Filippa.

Grisebach's (1838, 1845) descriptions of *Gentiana meyeniana* do not suffice to distinguish it from the species later described by Pax (in Lingelsheim *et al.*, 1909) as *Gentiana boliviana*. Pax did not mention *G. meyeniana*, and the discrepancies in the works of later authors indicate that no consensus has been reached as to how these taxa might differ. Schwabe *et al.* 1076 resembles specimens now identified as *Gentianella boliviana* (Pax) J.S. Pringle, including the type of that name, Buchtien 1482 (original type B, destroyed; images F and MO, isotype US). Schwabe *et al.* 1076, Buchtien 1482, and the Meyen specimen on which Grisebach based the name *Gentiana meyeniana* were all collected in the area where the boundaries of Argentina, Bolivia, and Peru meet. The plants in both Schwabe *et al.* 1076 and Buchtien 1482 are small, with the lengths of the stem/peduncle combinations being 1.8–8 cm

in the former, 1.4–3.5 cm in the extant replicate of the latter. The leaves of both are linear-oblong, mostly 5–10 mm long, with the apices obtuse, all closely spaced at or near the base of the stems or with one or two pairs higher. The flowers are solitary, with corollas 10–13 mm long, corolla lobes nearly as long as the tube, rounded at the apex, and calyces about as long as the corolla tube, with oblong, apically obtuse lobes about as long as the calyx tube. In these respects, these specimens are compatible with Grisebach's (1838, 1845) descriptions of *G. meyeniana*, although most of the leaves are longer than ca. 4–6 mm (as 2–3 lines) as they were described by Grisebach, and most of the peduncles of Schwabe *et al.* 1076 are longer than those of the plants seen by Grisebach, who described those of *G. meyeniana* as about as long as the flowers. Although Fabris (1983) and Filippa and Barboza (2006, 2021) described the corollas of the plants that they identified as *Gentianella meyeniana* as having lobes longer than the tube, in Schwabe *et al.* 1076 the corolla lobes are approximately equal in length to the tube, as those of *Gentiana meyeniana* had been described by Grisebach.

In summary of the foregoing, it appears that the name *Gentiana meyeniana* Griseb. may have been based primarily on material belonging to the species now generally known as *Gentianella boliviana*, but no type or otherwise nomenclaturally significant original specimens are known to exist. Grisebach's (1838, 1845) descriptions of *Gentiana meyeniana* suffice neither to confirm unequivocally nor to negate this or any other conspecificity. The name *Gentianella boliviana* is unequivocally typified and has been widely used in recent decades in herbarium identifications and in publications, including the treatment of *Gentianella* in the *Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia* (Pringle, 2014). The specific epithet *meyeniana* has 71 years' priority over *boliviana* in this context, but the species epithet *boliviana*, dating from 1909, has priority over *lobelioides* and other epithets for species that might be considered taxonomically inseparable from *G. boliviana* (Ho, Liu, 1993). In view of the absence of a type specimen for the name *Gentiana meyeniana*, the likelihood that the original description was based on mixed material, the long history of uncertainty as to the correct application of the name and its homotypic synonym *Gentianella meyeniana*, the variation in published descriptions of the species, and the undesirability of displacing the familiar and

well-typified name *Gentianella boliviana*, it seems desirable to propose the name *Gentiana meyeniana* for rejection as a *nomen utique rejiciendum* (Art. 56 of the ICN: Turland et al., 2018). Such a proposal is planned for a separate publication, which should be officially published in *Taxon* and thus constitute the submission to the General Committee required under Art. 56.2 of the ICN (see McNeill et al., 2015).

Acknowledgments

The authors are grateful to John McNeill and John Wiersema for helpful information and

recommendations, to Marc Appelhans for his search for relevant specimens at GOET, and to Piero Marchionni for a scan of the specimen at LP discussed above.

ETHICS DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

J.S. Pringle:  <https://orcid.org/0000-0002-9086-2645>
C.A. Zanotti:  <https://orcid.org/0000-0002-4804-7655>

REFERENCES

- Cardarelli F. 2003. *Encyclopaedia of scientific units, weights, and measures, their SI equivalents and origins*. Revised ed. London: Springer, xxiv + 848 pp.
- Fabris H.A. 1983. *Gentianaceae*. In: Cabrera A. (ed.). *Flora de la Provincia de Jujuy, República Argentina. Series: Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Vol. 13, part 8. Buenos Aires, pp. 55–85.
- Filippa E.M., Barboza G.E. 2006. *Gentianaceae*. In: *Flora fanerogámica Argentina*. Vol. 102. Eds A.M. Anton, F.O. Zuolaga. Programa PROFLOTA-CONICET, Córdoba, Argentina, pp. 1–46.
- Filippa E.M., Barboza G.E. 2008. *Gentianaceae*. In: *Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. Eds F.O. Zuloaga, O. Morrone, M.J. Belgrano, C. Marticorena, E. Marchesi. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Vol. 107, pp. 2322–2333.
- Filippa E.M., Barboza G.E. 2021. *Gentianaceae*. In: *Flora vascular de la República Argentina*. Vol. 19, part 2. Eds F.O. Zuloaga, O. Morrone, M.J. Belgrano, C.A. Zanotti. Buenos Aires, Argentina: Estudio Sigma S.R.I., pp. 218–259.
- Gilg E. 1916. *Gentianaceae* Andinae. A. Monographische Zusammenstellung der *Gentiana*-Arten Süd-Amerikas. [In: Gilg E. (ed.). *Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae*. VIII]. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 54(2, Beiblatt 118): 4–89. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/717#page/672/mode/1up>
- Grimé W.E., Plowman T. 1986. Type photographs at Field Museum of Natural History. *Taxon*, 35: 932–934.
- Grisebach A.H.R. 1838 ["1839"]. *Genera et species Gentianearum adjectis observationibus quibusdam phytogeographicis*. Sumtibus J.G. Cotta: Stuttgartiae [Stuttgart] et Tubingae [Tübingen], viii + 364 pp.
- Grisebach A.H.R. 1843. *Gentianaeae*. In: Meyen F.J.F. *Observationes botanicas, in itinere circum Terram institutas*. Opus posthumum, Sociorum Academiae curis supplementum. *Novorum Actorum Academiae Caesareae Leopoldinae-Carolinae Naturae Curiosorum*, 19 (Suppl. 1): 47–52.
- Grisebach A.H.R. 1845. *Gentianaceae*. In: de Candolle A.P., de Candolle A. (eds.) *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. Vol. 9. Parisiis [Paris], France: Fortin, Masson et Sociorum, pp. 38–141, 561–563.
- Ho T.-N., Liu S.-W. 1993. New combinations, names and taxonomic notes on *Gentianella* (*Gentianaceae*) from South America and New Zealand. *Bulletin of the Natural History Museum (London). Botany Series*, 23: 61–65.
- Lingelsheim A., Pax F., Winkler H. 1909. *Plantae novae bolivianae*. III. *Repertorium specierum novarum regni vegetabilis*, 7: 241–251.
- Luteyn J.L. 2019. Typification in and contributions to a revision of *Psammisia* (*Ericaceae: Vaccinieae*). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 13: 397–449. <https://doi.org/10.17348/jbrit.v13.i2.796>
- Macbride J.F. 1959. Flora of Peru: *Gentianaceae*. Gentian family. *Publications of the Field Museum of Natural History. Botanical Series*, 13(5): 270–363. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/19687#page/277/mode/1up>
- McNeill J., Redhead S.A., Wiersema J.H. 2015. Guidelines for proposals to conserve or reject names. *Taxon*, 64(1): 163–166. <https://doi.org/10.1002/tax.641003>
- POWO. 2023–onward. *Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Available at: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed 15 November 2022).
- Pringle J.S. 2014. *Gentianaceae: Centaurium, Deianira, Gentiana, Gentianella, Halenia, Schultesia, Voyria*. In: *Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia*. Eds P.M. Jørgensen, M. Nee, S. Beck. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Vol. 127, pp. 704–711.

- Sleumer H. 1949. The Botanical Gardens and Museum at Berlin-Dahlem. *Kew Bulletin*, 4(2): 172–175.
- Stafleu F.A., Cowan R.S. 1981. *Taxonomic literature: A selective guide to botanical publications and collections with dates, commentaries and types*. Vol. 3: Lh-O. 2nd ed. Utrecht: Bohm, Scheltema & Holkema, 980 p.
- Stearn W.T. 1983. *Botanical Latin. History, grammar, syntax, terminology and vocabulary*. 3rd ed. Newton Abbot (Devon, UK), London, North Pomfret (Vermont, USA): David & Charles, xiv + 566 pp.
- Thiers B. 2023–onward. *Index Herbariorum. A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden. (Accessed May 2023). <https://sweetgum.nybg.org/>
- 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. 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, vol. 159]. Glashütten: Koeltz Botanical Books, xxxviii + 254 pp. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Ulloa Ulloa C., Acevedo-Rodríguez P., Beck S., Belgrano M.J., Bernal R., Berry P.E., Brako L., Celis M., Davidse G., Forzza R.C., Gradstein S.R., Hokche O., León B., León-Yáñez S., Magill R.E., Neill D.A., Nee M., Raven P.H., Stimmel H., Strong, M.T. Villaseñor J.L., Zarucchi J.L., Zuloaga F.O., Jørgensen P.M. 2018–onward. *Vascular plants of the Americas (VPA)*. Tropicos, Botanical Information System at the Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO. Available at: <https://www.tropicos.org/Project/VPA> (Accessed 14 February 2022).
- Weddell H.A. 1859. *Gentiana meyeniana*. In: *Chloris Andina. Essai d'une flore de la région alpine des Cordillères de l'Amérique du Sud*, vol. 2 (part 9). P. Bertrand: Paris, pp. 54–55. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/6085#page/54/mode/1up>
- Wurdack J.J. 1964. In Mathews' country. *Garden Journal of the New York Botanical Garden*, 14: 7–10.
- Zarucchi J.L. 1993. *Gentianaceae*. In: *Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru / Catálogo de las angiospermas y gimnospermas del Perú*. Eds. L. Brako, J.L. Zarucchi. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Vol. 45, pp. 534–545.

Notas sobre la nomenclatura

de *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*) sudamericana: *G. meyeniana*

James S. PRINGLE¹, Christian A. ZANOTTI²

¹ Royal Botanical Gardens, P.O. Box 399,
Hamilton, Ontario, Canada L8N 3H8

² Instituto de Botánica Darwinion, Labardén 200,
Casilla de Correo 22, B1642HYD, San Isidro, Buenos Aires, Argentina

Resumen: No existe material original que se encuentre ligado al nombre de *Gentiana meyeniana* Griseb. [≡ *Gentianella meyeniana* (Griseb.) Fabris]. La incertidumbre sobre la aplicación correcta del nombre, las discrepancias en torno a las descripciones publicadas de la especie, y su alta afinidad morfológica descriptiva con los materiales tipo de *Gentianella boliviana*, son evidencias para proponer el rechazo del nombre *Gentiana meyeniana*, ya que este último tiene prioridad sobre *boliviana*.

Palabras claves: *Gentianaceae*, *Gentianella meyeniana*, nomenclatura, Perú, taxonomía

Номенклатурні нотатки щодо південноамериканських видів

роду *Gentianella* (*Gentianaceae*, *Gentianeae*, *Swertiinae*): *G. meyeniana*

Дж.С. ПРІНГЛ¹, К.А. ЗАНОТТИ²

¹ Королівський ботанічний сад,
Онтаріо, Канада

² Інститут ботаніки Дарвініон,
Буенос-Айрес, Аргентина

Реферат. Оригінальний матеріал, пов'язаний з назвою *Gentiana meyeniana* Griseb. [≡ *Gentianella meyeniana* (Griseb.) Fabris], невідомий. Невизначеність щодо правильного застосування цієї назви, розбіжності між опублікованими описами виду і значна морфологічна відповідність описів типовому матеріалу *Gentianella boliviana* свідчать на користь номенклатурної пропозиції щодо відхилення назви *Gentiana meyeniana*, оскільки епітет цієї назви у ранзі виду має пріоритет над епітетом *boliviana*.

Ключові слова: *Gentianaceae*, *Gentianella meyeniana*, номенклатура, Перу, таксономія



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.008>

RESEARCH ARTICLE

Isolation and characterisation of melanin pigment from mycelial cultures of *Xylaria polymorpha* (Ascomycota)

Alisa R. ATAMANCHUK * , Nina A. BSKO 

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

* Address for correspondence: atamalyssa@gmail.com

Abstract. Melanin is a heterogenic polymer of phenolic or indolic nature, possessing a broad spectrum of biological activities including radio- and photoprotective, antioxidant, chemoprotective, antiviral, antimicrobial, cytotoxic and immunostimulating activity. Based on these characteristics, natural melanin holds significant potential for applications in the fields of biomedicine, nanotechnology and materials science. Along with that, the exploration of organisms producing natural melanin remains relevant and filamentous fungi with their exceptional metabolic versatility are promising sources of these pigments. Wood-inhabiting fungi in particular are known to produce specific types of melanin as secondary metabolites. This study aimed to quantify and characterise melanin in the mycelium of various strains of *Xylaria polymorpha*, a common representative of wood-inhabiting fungi. As a result, among the ten studied strains of *X. polymorpha*, the highest melanin synthesis productivity was observed in the strain IBK 2737, reaching 180.32 ± 4.16 mg/l, while the lowest was recorded in the strain IBK 2723 at 5.17 ± 0.36 mg/l. This investigation highlights that *X. polymorpha* strains from the IBK Culture Collection show promise as a valuable source of natural melanin.

Keywords: *Ascomycota*, biomass, melanin, pigment, productivity, surface liquid cultivation, *Xylaria*

Introduction

Melanins are dark-coloured pigments, mostly brown or black, of phenolic or indolic nature, discovered among various organisms of different taxa. Like other secondary metabolites, these pigments are not essential for growth and development, but they affect the competitive ability of species and their ability to survive in certain environments (Bell, Wheeler, 1986; Menter, 2016).

Classification of melanins is based on the chemical composition of the monomer subunit structure of the pigment and is complicated due to the high heterogeneity of these pigments (Fitzpatrick, 1967). Most types of extracted melanins are resistant to chemical degradation by acids and are insoluble in most substances, which complicates their analytical characterisation. Despite the inability to use classical biochemical and biophysical methods, significant progress in understanding the structure, biosynthesis,

ARTICLE HISTORY. Submitted 17 November 2023. Revised 22 January 2024. Published 23 February 2024

CITATION. Atamanchuk A.R., Bisko N.A. 2024. Isolation and characterisation of melanin pigment from mycelial cultures of *Xylaria polymorpha* (Ascomycota). *Ukrainian Botanical Journal*, 81(1): 8–15. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.008>

© 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/>)

localisation, function and degradation of natural melanin has been made in recent years (Rizner, Wheeler, 2003; Nosanchuk et al., 2015; Pombieri-Sponchiado et al., 2017; Pralea et al., 2019).

Fungal melanins have attracted growing interest because of their physical and chemical properties and a broad spectrum of biological activities. Among them is defence against environmental stresses such as ultraviolet light, oxidising agents and ionising radiation (Zhdanova, Vasilevskaya, 1988; Zhdanova et al., 2000; Rosa et al., 2010). It is currently known that fungi share several pathways for the synthesis of melanin. In representatives of the *Ascomycota*, the melanin pigment is usually synthesised via the pentaketide pathway. In this pathway, polyketide synthase converts acetyl-CoA or malonyl-CoA to 1,3,6,8-tetrahydroxynaphthalene (1,3,6,8-THN) and, after a series of reduction and dehydration reactions, the intermediates scytalone, 1,3,8-trihydroxynaphthalene, vermelone and finally 1,8-dihydroxynaphthalene (DHN) are produced. Polymerisation of DHN with the participation of the laccase enzyme leads to the formation of melanin (Thompson et al., 2000; Butler et al., 2001).

Melanin in representatives of the *Basidiomycota* is formed from phenolic precursors such as glutaminyl-3,4-dihydroxybenzene (GDHB) or catechol. For instance, the precursor of melanin in *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach is a metabolite of the shikimic acid pathway, γ -glutamyl-4-hydroxybenzene, which is oxidised by peroxidase or phenolase into γ -glutamyl-3,4-benzoquinone with its subsequent polymerisation (Hegnauer et al., 1985; Bell, Wheeler, 1986). Only a few fungi, for example *Cryptococcus neoformans* (San Felice) Vuill., synthesise melanin using the L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA) pathway, which resembles mammalian melanin biosynthesis and is the most studied type of melanin among this group of pigments (Piattelli et al., 1965; Langfelder et al., 2003). Some fungi are also characterised by the synthesis of a specific type of melanin, pyomelanin, which is formed as a result of tyrosine or phenylalanine catabolism (Turick et al., 2010). In the meantime, laboratory studies have successfully synthesised melanin using dopamine, L-3,4-dihydroxyphenylalanine (DOPA) and DHN precursors (Cao et al., 2021). However, the commercially available natural and synthetic melanins are expensive, emphasising the need for alternative sources.

Over the past decade, much research attention has been directed towards melanin pigments in

fungi due to the relative simplicity of the cultivation technology and the potential for economically viable industrial-scale production, with a specific focus on lignicolous fungi. Notably, *Xylaria polymorpha* (Pers.) Grev., a common representative of wood-inhabiting fungi, has been identified in previous research as capable of producing DHN-melanin (Tudor et al., 2013). Pigment in these fungi is produced not only in response to environmental stress but also during antagonistic interactions with other fungi while colonising wood. As a secondary metabolite, it functions as both physical and chemical barriers within the wood substrate. However, there was little information on melanin production by *X. polymorpha* in culture until now.

The objective of this work was to isolate, characterise and compare the melanin productivity of natural melanin from the *X. polymorpha* strains of different origins cultivated under liquid surface conditions. Typical physicochemical characterisation, UV and Raman spectra of pigment produced by mycelial cultures were determined.

Materials and Methods

Fungal strains and cultivation conditions. The strains of *X. polymorpha* were isolated into pure culture from the entostromatal tissue of fungi collected in different regions of Ukraine. All cultures are preserved in the IBK Mushroom Culture Collection of the M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine (Bisko et al., 2023). The detailed data with strain numbers in the IBK Collection, date of isolation and their origins are cited in Table 1.

The standard glucose-yeast-peptone medium (GYP, containing (g/l): glucose, 25; peptone, 3; yeast extract, 3; $MgSO_4$, 0.25; KH_2PO_4 , 1; K_2HPO_4 , 1) was used for the surface liquid fungal cultivation. Media were sterilised by autoclaving (20 min at 121 °C) and pH was adjusted to 6. For the experiments, mycelium was first grown in Petri dishes for 7 days at 26 ± 1 °C on a GYPA (GYP containing 21 g of agar-agar). The obtained mycelium was homogenised and sterilely inoculated in 500 ml Erlenmeyer flasks, containing 200 ml of GYP medium (10% v/v). Incubation was carried out for 30 days under surface cultivation conditions at 26 ± 1 °C, in darkness. The obtained mycelial biomass was harvested by filtration and dried at 60 °C until constant weight.

Table 1. List of the studied strains of *Xylaria polymorpha* from the IBK Culture Collection

Strain number	Collection site, date of isolation
2719	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°16'13.8"N 28°26'40.1"E; 2020
2720	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°16'13.8"N 28°26'40.1"E; 2020
2721	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°15'31.3"N 28°26'21.0"E; 2020
2723	Ukraine, Sumy Region, Romny District, Bratske; 2020
2727	Ukraine, Vinnytsia Region, 49°15'23.9"N 28°25'56.6"E; 2020
2729	Ukraine, Kharkiv, 50°02'38.4"N 36°15'50.4"E; 2020
2736	Ukraine, Mykolaiv Region, Voznesensk District, Trykraty Forest Reserve Tract; 2020
2737	Ukraine, Mykolaiv Region, Voznesensk District, Trykraty Forest Reserve Tract; 2020
2382	Ukraine, Ivano-Frankivsk Region, Gorgany Nature Reserve; 2014
2430	Ukraine, Donetsk Region, Dronivka; 2013

Fungal melanin extraction. The pigment was extracted from the powdered mycelial biomass by treatment with hot alkali (1M NaOH at 100 °C for 2 h). After centrifugation for debris removal, the dark brown filtrate was acidified to pH 2 with concentrated HCl. The resulting black precipitate was collected by centrifugation (10000 g for 15 min). Purification of melanin involved the elimination of the carbohydrates, proteins and lipids associated with the crude residue.

Characterisation of fungal pigment. The physical and chemical properties of isolated pigment were determined in comparison with literature data and L-DOPA synthetic melanin (Sigma–Aldrich, USA) used as a standard. Diagnostic testing included solubility in organic and inorganic solvents, precipitation in 1M HCl and 1% FeCl₃ and reactions with oxidising agents (50% H₂O₂ and 5% KMnO₄ solutions).

UV–visible spectrophotometry. Melanin solutions were prepared in 1M NaOH at a concentration

of 0.1 mg/ml. The UV-visible absorption spectrum of the solutions was scanned in the wavelength range of 300–900 nm with a spectrophotometer (Jenway 6850, UK) by comparing a synthetic L-DOPA melanin standard. The 1M NaOH solution was used as a reference blank.

Raman spectroscopy. Measurements were performed using a Raman spectrometer based on a single monochromator MDR–23 (LOMO), equipped with a TE-cooled CCD detector (iDus 420, Andor). The spectra were recorded in the spectral range encompassing the range of vibrations of organic molecules, 400–3500 cm⁻¹, with a spectral resolution of 2 cm⁻¹. Raman spectra were excited with a solid-state laser emitting 457 nm light. The laser power was adjusted to 1 mW, to avoid any thermal damage of the sample during the measurement.

All experiments were independently performed in triplicate and analysed with Excel statistical

Table 2. Biomass and melanin production of the strains of *Xylaria polymorpha* from the IBK Culture Collection grown under surface liquid cultivation conditions on the GYP medium at 26 ± 1 °C

Strain number	Biomass (g/l)	Final pH of the culture liquid*	Melanin (mg/g)	Productivity** of melanin synthesis (mg/l)
2719	13.37 ± 0.07	6.52 ± 0.09	2.33 ± 0.29	18.12 ± 2.25
2720	12.39 ± 0.03	6.90 ± 0.04	2.33 ± 0.11	17.80 ± 0.84
2721	12.63 ± 0.17	6.86 ± 0.05	2.33 ± 0.22	17.99 ± 1.65
2723	14.78 ± 0.01	6.40 ± 0.04	0.67 ± 0.04	5.17 ± 0.36
2727	11.93 ± 0.08	6.73 ± 0.02	6.00 ± 0.57	44.67 ± 4.01
2729	10.31 ± 0.05	7.23 ± 0.07	14.00 ± 0.53	103.99 ± 3.83
2736	8.74 ± 0.06	8.09 ± 0.06	15.33 ± 0.43	113.06 ± 3.32
2737	12.22 ± 0.21	7.25 ± 0.13	25.33 ± 0.57	180.32 ± 4.16
2382	10.35 ± 0.10	6.86 ± 0.13	3.00 ± 0.09	21.58 ± 0.68
2430	8.56 ± 0.08	8.12 ± 0.09	14.67 ± 0.56	96.42 ± 3.45

* The initial pH value was 6.0. ** Productivity calculated as a sum of melanin from biomass contained in 1 l of culture liquid. All results are presented as the mean of triplicate ± standard deviation.

functions using the Microsoft Office XP software. Data were recorded as means \pm SD (standard deviation).

Results and Discussion

Among all strains studied, the highest pigment synthesis productivity was recorded for the strain IBK 2737 and amounted to 180.32 ± 4.16 mg/l. The lowest synthesis productivity was observed for the strain IBK 2723 with 5.17 ± 0.36 mg/l, although this strain accumulated more biomass, specifically 14.78 ± 0.01 g/l against 12.22 ± 0.21 g/l accumulated by strain IBK 2737 (Table 2).

Nevertheless, there were no significant differences in the morphology and visible pigmentation of the colonies of these particular strains, as can be seen in Fig. 1. Therefore, it is important to conduct screening of the different strains to find the producers of higher quantities of metabolites, which characteristics may also differ. Our screening revealed the challenge of predicting pigment yield based on morphological traits. Similar to exceedingly irregular in shape stromata in the natural environment, just as its name implies, mycelial colonies of *X. polymorpha* also exhibited variability in cultural morphological characteristics, especially in density and pigmentation. Colonies of *X. polymorpha* in our study were initially white, from cottony and velvety to crustose, often concentrically zonate, becoming grey or black after a week of cultivation. Another common characteristic was the production of a large number of cylindrical and mainly unbranched stromata, which were formed both during pre-cultivation on agar medium and surface liquid cultivation (Fig. 1).

Together with biomass production, at the end of the incubation period, culture liquids were measured for pH values (Table 1). The results demonstrate the increase in pH values after the cultivation process. The largest increase was observed for strains IBK 2736 and IBK 2430 with final pH values of 8.09 ± 0.06 and 8.12 ± 0.09 , respectively. The increase in pH values agrees with the data on the cultivation of *X. polymorpha* under other conditions. Specifically, Tudor with co-authors (2013) when cultivating *X. polymorpha* on wood blocks reported an increase in the pH from pH 4.3 up to 5.7 for beech and from pH 4.7 up to 5.6 for sugar maple.

Identification of the isolated pigments was carried out according to the traditional scheme

including a comprehensive study through chemical tests on their solubility, qualitative reactions and spectral properties. The obtained pigments presented all of the physical and chemical properties common to melanins and the experimental data within this work were found to be comparable to those reported in the literature. The results of diagnostic tests for the pigment obtained from *X. polymorpha* biomass in comparison to synthetic L-DOPA melanin are presented in Table 3.

One of the criteria for assigning pigments to melanins is their inability to dissolve in organic solvents and water combined with solubility in alkaline solutions (except for some types of melanins). The extracted pigment was soluble in NaOH, while no solubility in organic solvents (methanol, ethanol, ethyl acetate, chloroform, acetone, DMSO) was observed. Our studies also showed that 0.1 mg/ml solutions of extracted pigment in 1M NaOH were oxidised and bleached in the presence of 50% H₂O₂. With the addition of KMnO₄, the colour of alkaline solutions changed from brown to green followed by discoloration and precipitate formation. The addition of 1% FeCl₃ produced a floccular brown precipitate.

Table 3. Physical and chemical properties of the obtained fungal pigment and synthetic L-DOPA melanin

Characteristic	Treatment	L-DOPA melanin (standard)	Extracted pigment
Colour observation		BB	BB
Solubility in inorganic solvents	Distilled water	-	-
	1M NaOH	+	+
	1M HCl	-	-
Solubility in organic solvents	Methanol	-	-
	Absolute ethanol	-	-
	Ethyl acetate	-	-
	Chloroform	-	-
	Acetone	-	-
	DMSO	-	-
Precipitation	1% FeCl ₃	BP	BP
	1N HCl	BP	BP
	1N H ₂ SO ₄	BP	BP
Oxidation	50% H ₂ O ₂	O	O
	5% KMnO ₄	O	O

Indications in the table are as follows: - insoluble, + soluble, BB — blackish brown; BP — brown precipitate appearance; O — decolourisation.

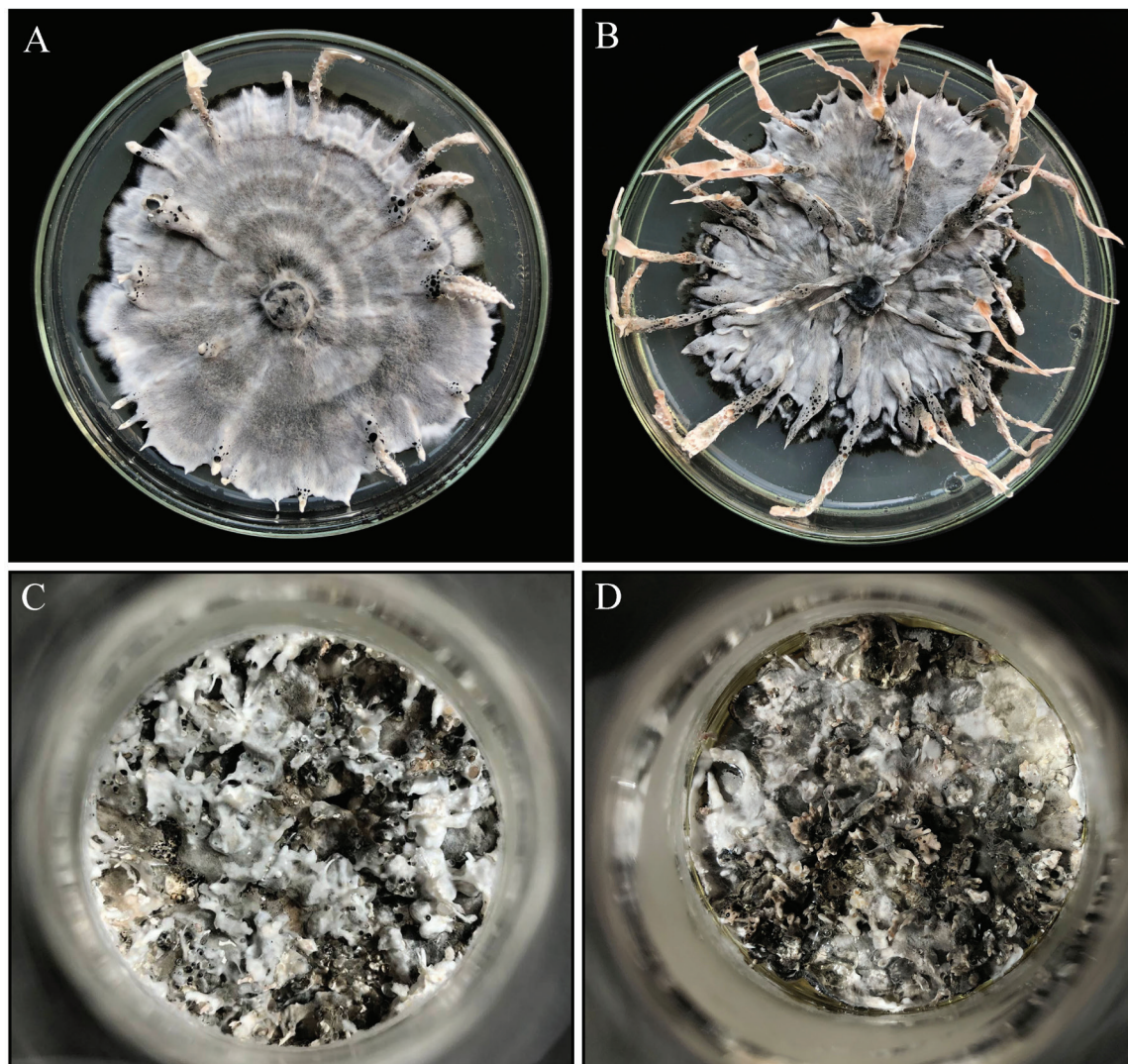


Fig. 1. Mycelial colonies of *Xylaria polymorpha*. Strains IBK 2723 (A) and IBK 2737 (B) on GYP medium on the 20th day of cultivation. Biomass of strains IBK 2723 (C) and IBK 2737 (D) on the 30th day of liquid surface cultivation on GYP medium

UV-visible spectrophotometry of extracted pigment showed a broadband absorption of light from 300 to 900 nm, which is a typical absorption profile of most melanins including synthetic L-DOPA melanin tested here as a standard (Fig. 2). The maximum absorption was observed at 300 nm and gradually decreased with increasing wavelength. These results were similar to those of previous studies which found that the highest level of absorbance of the melanin produced by various fungi was in the UV region ranging between 200–300 nm and decreased toward the visible region (Ellis, Griffiths, 1974; Singla et al., 2021).

Raman spectroscopy showed the main peaks of extracted pigment, particularly $\nu_1 = 1240 \text{ cm}^{-1}$, $\nu_2 = 1310 \text{ cm}^{-1}$ and $\nu_3 = 1620 \text{ cm}^{-1}$ (Fig. 3), which are matching the set of values typically indicated characteristic melanin peaks in some fungi reported by others (De la Rosa et al., 2017; Lopusiewicz, 2018).

Lopusiewicz (2018) reported spectra of melanin from *Exidia nigricans* (With.) P. Roberts which dominated by two intense and broad peaks at about 1640 cm^{-1} and 1240 cm^{-1} (for raw melanin) and 1620 cm^{-1} and 1230 cm^{-1} (for purified melanin). The peaks can be interpreted as originating from the in-plane stretching of the aromatic rings and

the linear stretching of the C–C bonds within the rings, along with some contributions from the C–H vibrations in the methyl and methylene groups.

The spectra obtained here are also very similar to the Raman spectra for melanin from *Ochroconis lascauxensis* A. Nováková & P.M. Martin-Sanchez and *Ochroconis tshawytschae* (Doty & D.W. Slater) Kiril. & Al-Achmed, where strong bands at 1608 cm^{-1} , 1305 cm^{-1} and 1250 cm^{-1} were observed, which authors attributed to C=O, C–C stretching vibrations in aromatic compounds and to C–O stretching vibrations of hydroxyl groups, respectively (De la Rosa et al., 2017).

The actual assignment of the main melanin bands is not entirely agreed upon because, as it has been already mentioned, chemical characterisation of melanin is a complicated task given the suggestion that identical melanin structures do not exist in nature and their composition depends not only on the diverse monomeric units but also on the influence of environmental conditions during polymerisation. Nevertheless, Raman spectroscopy has proven to be a valuable tool providing insights into the principal functional groups within the melanin structure (Culka et al., 2017).

Conclusions

The productivity of melanin synthesis among the studied *X. polymorpha* strains grown under surface liquid cultivation conditions varied from 5.17 ± 0.36 to 180.32 ± 4.16 mg/l. The IBK strains 2729, 2736 and 2737 turned out to be the most productive among the studied ones. To confirm that the fungal pigment was melanin, UV and Raman spectra analyses were used. In the present study, the UV-visible absorbance spectrum of the fungal pigment produced from *X. polymorpha* showed a strong absorbance in the UV region (300 nm) and decreased toward the visible region. The Raman spectroscopic signature of fungal melanin has been detected at wave numbers $\nu_1 = 1240 \text{ cm}^{-1}$ and $\nu_3 = 1620 \text{ cm}^{-1}$. Moreover, obtained pigments presented all of the physical and chemical properties common to melanins within solubility, precipitation and oxidising reaction diagnostic tests.

Acknowledgments

The authors would like to express sincere gratitude to colleagues from the V.Ye. Lashkaryov Institute of

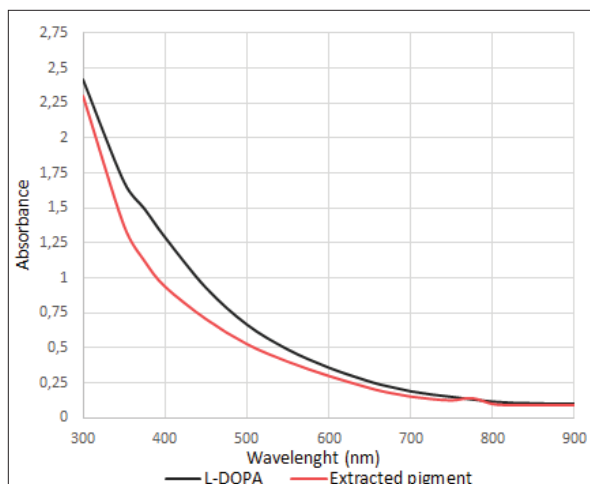


Fig. 2. UV-visible absorbance spectra of extracted melanin and synthetic L-DOPA melanin in 1M NaOH solutions (0.1 mg/ml)

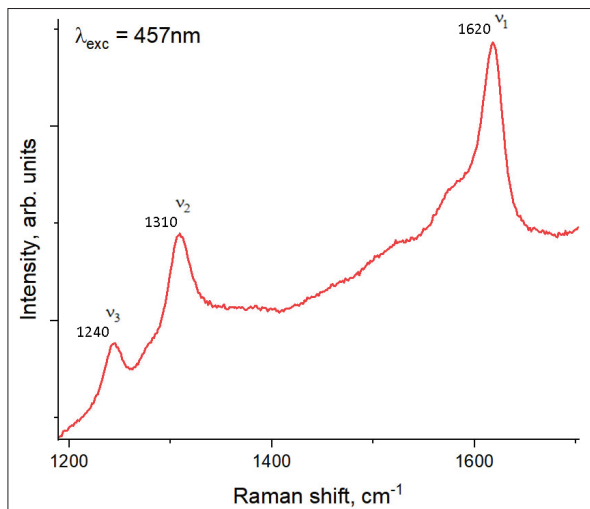


Fig. 3. Raman spectrum of the extracted melanin. A sample, recorded with $\lambda_{\text{exc}} = 457 \text{ nm}$. The frequency of the main vibrational peaks is indicated

Semiconductor Physics, Prof. V.M. Dzhagan and Dr. N.V. Mazur, for their valuable help in the research, in particular with the Raman spectroscopy study.

ETHICS DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

A.R. Atamanchuk: <https://orcid.org/0000-0001-7701-7466>
N.A. Bisko: <https://orcid.org/0000-0003-1894-0896>

REFERENCES

- Bell A.A., Wheeler M.H. 1986. Biosynthesis and functions of fungal melanins. *Annual Review of Phytopathology*, 24(1): 411–451. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.24.090186.002211>
- Bisko N.A., Lomberg M.L., Mykchaylova O.B., Mytropolska N.Yu. 2023. *IBK Mushroom Culture Collection. Version 1.5. The IBK Mushroom Culture Collection of the M.G. Kholodny Institute of Botany*. In: GBIF — occurrence dataset. Available at: <https://doi.org/10.15468/dzdsqu> (Accessed 20 October 2023).
- Butler M.J., Day A.W., Henson J.M., Money N.P. 2001. Pathogenic properties of fungal melanins. *Mycologia*, 93(1): 1–8. <https://doi.org/10.1080/00275514.2001.12061273>
- Cao W., Zhou X., McCallum N.C., Hu Z., Ni Q.Z., Kapoor U., Heil C.M., Cay K.S., Zand T., Mantanona A.J., Jayaraman A., Dhinojwala A., Deheyn D.D., Shawkey M.D., Burkart M.D., Rinehart J.D., Gianneschi N.C. 2021. Unraveling the structure and function of melanin through synthesis. *Journal of the American Chemical Society*, 143(7): 2622–2637. <https://doi.org/10.1021/jacs.0c12322>
- Culka A., Jehlička J., Ascaso C., Artieda O., Casero C. M., Wierzchos J. 2017. Raman microspectrometric study of pigments in melanized fungi from the hyperarid Atacama desert gypsum crust. *Journal of Raman Spectroscopy*, 48(11): 1487–1493. <https://doi.org/10.1002/jrs.5137>
- De la Rosa J.M., Martin-Sanchez P.M., Sanchez-Cortes S., Hermosin B., Knicker H., Saiz-Jimenez C. 2017. Structure of melanins from the fungi *Ochroconis lascauxensis* and *Ochroconis anomala* contaminating rock art in the Lascaux Cave. *Scientific Reports*, 7(1): 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13862-7>
- Ellis D.H., Griffiths D.A. 1974. The location and analysis of melanins in the cell walls of some soil fungi. *Canadian Journal of Microbiology*, 20(10): 1379–1386. <https://doi.org/10.1139/m74-212>
- Fitzpatrick T.B. 1967. The evolution of concepts of melanin biology. *Archives of Dermatology*, 96(3): 305–323. <https://doi.org/10.1001/archderm.96.3.305>
- Hegnauer H., Nyhlen L.E., Rast D.M. 1985. Ultrastructure of native and synthetic *Agaricus bisporus* melanins — implications as to the compartmentation of melanogenesis in fungi. *Experimental Mycology*, 9(3): 1–29. [https://doi.org/10.1016/0147-5975\(85\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0147-5975(85)90018-0)
- Langfelder K., Streibel M., Jahn B., Haase G., Brakhage A.A. 2003. Biosynthesis of fungal melanins and their importance for human pathogenic fungi. *Fungal Genetics and Biology*, 38(2): 143–158. [https://doi.org/10.1016/s1087-1845\(02\)00526-1](https://doi.org/10.1016/s1087-1845(02)00526-1)
- Lopusiewicz L. 2018. Isolation, characterisation and biological activity of melanin from *Exidia nigricans*. *World Scientific News*, 91: 119–129.
- Menter J.M. 2016. Melanin from a physicochemical point of view. *Polymer International*, 65(11): 1300–1305. <https://doi.org/10.1002/pi.5194>
- Nosanchuk J.D., Stark R.E., Casadevall A. 2015. Fungal melanin: what do we know about structure? *Frontiers in Microbiology*, 6: 1–7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01463>
- Piattelli M., Fattorusso E., Nicolaus R.A., Magno S. 1965. The structure of melanins and melanogenesis — V. *Tetrahedron*, 21(11): 3229–3236. [https://doi.org/10.1016/s0040-4020\(01\)96941-8](https://doi.org/10.1016/s0040-4020(01)96941-8)
- Pombeiro-Sponchiado S.R., Sousa G.S., Andrade J.C., Lisboa H.F., Gonçalves R.C. 2017. Production of melanin pigment by fungi and its biotechnological applications. *Melanin*, 1(4): 47–75. <https://doi.org/10.5772/67375>
- Pralea I.-E., Moldovan R.-C., Petrache A.-M., Ilieș M., Hegheș S.-C., Ielciu I., Nicoară R., Moldovan M., Ene M., Radu M., Uifălean A., Iuga C.-A. 2019. From extraction to advanced analytical methods: the challenges of melanin analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(16): 3943. <https://doi.org/10.3390/ijms20163943>
- Rizner T.L., Wheeler M.H. 2003. Melanin biosynthesis in the fungus *Clavularia lunata* (teleomorph: *Cochilobolus lunatus*). *Canadian Journal of Microbiology*, 49(2): 110–119. <https://doi.org/10.1139/w03-016>
- Rosa L.H., Vieira L.M.A., Santiago I.F., Rosa C.A. 2010. Endophytic fungi community associated with the dicotyledonous plant *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl. (*Caryophyllaceae*) in Antarctica. *FEMS Microbiology Ecology*, 73(1): 178–189. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.00872.x>
- Singla S., Htut K.Z., Zhu R., Davis A., Ma J., Ni Q.Z., Burkart M.D., Maurer C., Miyoshi T., Dhinojwala A. 2021. Isolation and characterization of allomelanin from pathogenic black knot fungus — a sustainable source of melanin. *ACS Omega*, 6(51): 35514–35522. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05030>
- Thompson J.E., Fahnestock S., Farrall L., Liao D.-I., Valent B., Jordan D.B. 2000. The second naphthol reductase of fungal melanin biosynthesis in *Magnaporthe grisea*. *Journal of Biological Chemistry*, 275(45): 34867–34872. <https://doi.org/10.1074/jbc.m006659200>
- Tudor D., Robinson S.C., Cooper P.A. 2013. The influence of pH on pigment formation by lignicolous fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 80: 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.09.013>
- Turick C.E., Knox A.S., Becnel J.M., Ekechukwu A.A., Millike C.E. 2010. Properties and function of pyomelanin. *Biopolymers*, 23: 449–472. <https://doi.org/10.5772/10273>
- Zhdanova N.N., Vasilevskaya A.I. 1988. *Melanosoderzhashchie griby v ekstremalnykh usloviyakh*. Kyiv: Naukova Dumka, 150 pp. [Жданова Н.Н., Василевская А.И. 1988. *Меланосодержащие грибы в экстремальных условиях*. Киев: Наукова думка, 150 с.]

Zhdanova N.N, Zakharchenko V.A., Vember V.A., Nakonechnaya L.T. 2000. Fungi from Chernobyl: mycobiota of the inner regions of the containment structures of the damaged nuclear reactor. *Mycological Research*, 104: 1421–1426. <https://doi.org/10.1017/s0953756200002756>

Виділення та характеристика меланіну з міцеліальних культур *Xylaria polymorpha* (Ascomycota)

А.Р. АТАМАНЧУК, Н.А. БІСЬКО

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

Реферат. Меланіни — це високомолекулярні полімери фенольної або індольної природи з широким спектром біологічної активності, а саме радіо- та фотопротекторної, антиоксидантної, терморегуляторної, протівірусної, антимікробної, цитотоксичної та імуностимулюючої. Зважаючи на ці та інші характеристики, меланін має значний потенціал для застосування у галузі біомедицини, нанотехнологій та матеріалознавства. Водночас, актуальним залишається пошук організмів, що продукують меланін, і гриби з їхніми винятковими метаболічними шляхами є перспективним джерелом цих пігментів. Зокрема, відомо, що ксилотрофні гриби продукують специфічні типи меланінів у процесі вторинного метаболізму. Метою цього дослідження було кількісне визначення та характеристика меланіну в міцелії різних штамів *Xylaria polymorpha*. В результаті встановлено, що серед десяти досліджених штамів *X. polymorpha* найвища продуктивність синтезу цього пігменту спостерігалась для штаму ІВК 2737 і становила $182,32 \pm 4,16$ мг/л, тоді як найнижча — для штаму ІВК 2723 зі значенням $5,17 \pm 0,36$ мг/л. Це дослідження демонструє, що штами *X. polymorpha* з Колекції культур ІВК є перспективними продуцентами меланіну.

Ключові слова: *Ascomycota*, *Xylaria*, біомаса, меланін, пігмент, поверхнєве культивування, продуктивність



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.016>

RESEARCH ARTICLE

Синтаксономія та екологічна диференціація рослинності класу *Festuco-Brometea* природного заповідника "Михайлівська цілина"

Микола С. ЛАРІОНОВ 

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

Адреса для листування: mlarion@ukr.net

Реферат. Стаття присвячена синтаксономії та синфітоіндикації степової рослинності природного заповідника "Михайлівська цілина" (Сумська обл.). На основі фітосоціологічних матеріалів, зібраних упродовж 2021–2022 рр., та літературних даних проаналізовано зміни степової рослинності заповідника за останні 10 років. У заповіднику угруповання рослинності класу *Festuco-Brometea* ідентифіковані як 2 субасоціації та 2 варіанти в складі 3 асоціацій, що належать до 1 союзу та 1 порядку. В роботі наведені характеристики синтаксонів, екологічні вимоги до місцезростань, розраховано їхні синфітоіндикаційні показники та виконано ДСА-ординаційний аналіз за отриманими значеннями екологічних факторів. Встановлено, що основними екологічними градієнтами, які впливають на екологічну і територіальну диференціацію дослідженої рослинності, є вологість ґрунту, вміст ґрунтового азоту, ґрунтова аерація та сольовий режим ґрунту. Виявлено посилення процесів мезофітизації степової рослинності, спричинене відсутністю сінокосіння на територіях, що раніше перебували під дією багаторічного режимного викошування.

Ключові слова: ординація, синтаксономія, синфітоіндикація, степова рослинність, Україна

Вступ

Рослинність території природного заповідника "Михайлівська цілина" протягом останніх 100 років активно вивчалася ще з "дозаповідних" часів (Taliev, 1918; Lavrenko, Zoz, 1928). Переважна більшість геоботанічних досліджень, присвячених класифікації рослинності в заповіднику, виконана за домінантним підходом (Lavrenko,

Zoz, 1928; Zoz, 1933, Bilyk, 1957; Sarycheva, 1966; Bilyk, Tkachenko, 1972; Tkachenko et al., 1984, 1993a, 2003; Tkachenko, Fitsaylo, 2016). У тому числі за цим методом виконано 7 геоботанічних картографічних зйомок: 1957, 1963, 1971, 1981, 1991, 2001, 2011 рр. (Bilyk, 1957; Sarycheva, 1966; Bilyk, Tkachenko, 1972; Tkachenko et al., 1984, 1993a, 2003; Tkachenko, Fitsaylo, 2016). За результатами проведених досліджень було зроблено

ARTICLE HISTORY. Submitted 22 November 2023. Revised 08 February 2024. Published 23 February 2024

CITATION. Larionov M.S. 2024. Syntaxonomy and ecological differentiation of vegetation of the class *Festuco-Brometea* in Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(1): 16–35. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.016>

© 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/>)

висновок про неможливість самостійного існування степу на території "Михайлівської цілини" (Bilyk, 1957; Sarycheva, 1966; Bilyk, Tkachenko, 1972; Tkachenko et al., 1984, 1993a, 2003; Tkachenko, 2005; Tkachenko, Fitsaylo, 2016). Зокрема, В.С. Ткаченко зі співавторами (Tkachenko, 2005; Tkachenko, Fitsaylo, 2016) вказував, що відсутність лісу на території заповідника є результатом зовнішніх впливів, степові фітоценози заповідника він називав "екзогенно стабілізованими", а процес формування угруповань з домінуванням *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl та ксероморфних фітоценозів — "штучним". Фактором, що утримував рослинність заповідника в лучно-степовому стані протягом всього часу його існування було режимне викошування (Sarycheva, 1966; Tkachenko et al., 1993a, 2003; Tkachenko, 2005; Tkachenko, Fitsaylo, 2016).

Досліджень, виконаних за еколого-флористичним підходом, незначна кількість, оскільки українські фітосоціологи порівняно недавно почали використовувати його для класифікації рослинності. Серед них роботи В.С. Ткаченка, Я.І. Мовчана, В.А. Соломахи, І.В. Гончаренка, Г.М. Лисенка, І.А. Коротченко (Tkachenko et al., 1987; Honcharenko, 2000; Lysenko, Korotchenko, 2006). Так, В.С. Ткаченко зі співавторами (Tkachenko et al., 1987) за матеріалами 1971 р. наводять для заповідника 7 асоціацій класу *Festuco-Brometea*: *Stipetum capillatae* Соб 1947, *Stipetum pennatae* R. Jovanovic 1956, *Carici humilis-Stipetum capillatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987, *Carici humilis-Stipetum pennatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987, *Festucetum valesiacae* Tkachenko et al., 1987, *Carici humilis-Festucetum sulcatae* Klika 1951, *Medicago romanicae-Poetum angustifoliae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987. За матеріалами 1981 р. ці автори вказують для заповідника 3 асоціації класу *Festuco-Brometea*, що співпадають з наведеними ними в 1971 р. І.В. Гончаренко за матеріалами 1997–1999 рр. наводить для заповідника 6 асоціацій класу *Festuco-Brometea*: *Medicago romanicae-Poetum angustifoliae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987, *Betonico officinalis-Trifolietum montani* Popova in Popova et al. 1986, *Medicago-Festucetum valesiacae* Wagner 1940, *Astragalo dasyanthi-Elytrigietum intermediae* Korotchenko et Didukh 1997, *Carici humilis-Stipetum pennatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987, *Stipetum capillatae* Соб 1942 (Honcharenko, 2000). Г.М. Лисенко та І.А.

Коротченко (Lysenko, Korotchenko, 2006) за матеріалами досліджень 2003 р. наводять для заповідника 6 асоціацій класу *Festuco-Brometea*: *Carici humilis-Stipetum capillatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987, *Festuco valesiacae-Caricetum humilis* Klika (1931) 1936, *Festuco valesiacae-Stipetum capillatae* Silinger 1931 з двома субасоціаціями: *typicum* і *stipetosum pennatae* Lysenko et Korotchenko 2006, *Festucetum valesiacae* Solodkova et al. 1986, *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae* Korotchenko et Didukh 1997, *Medicago romanicae-Poetum angustifoliae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987. В зазначених дослідженнях описано рослинність заповідника на той час, коли його більшу частину (крім абсолютно заповідної ділянки) займав періодично викошуваний степ.

У заповіднику було проведено низку синфітоіндикаційних досліджень. Так, В.С. Ткаченко зі співавторами (Tkachenko et al., 1993b) проаналізовано зміни показників 5 екологічних факторів (вологість ґрунту, вміст мінерального азоту в ґрунті, кислотність ґрунту, загальний сольовий режим і терморегімі ґрунту) за період з 1927 р. ("дозаповідний" стан степу) до 1991 р. Дослідники виявили неухильне зростання середніх показників вологості ґрунту та вмісту мінерального азоту, а також зниження кислотності, загального сольового режиму та терморегімі ґрунту, як на абсолютно заповідній ділянці, так і на періодично викошуваний. На абсолютно заповідній території показники екофакторів змінювалися в часі швидше, а на періодично викошуваний — повільніше, проте спрямованість змін на них була подібною. В.С. Ткаченко та Г.М. Лисенком (Tkachenko, Lysenko, 2005) проаналізовано ефект контрольованого випалювання (що проводилося в 1990-ті рр.) для 5 екофакторів (терморегімі ґрунту, вологість та кислотність ґрунту, вміст мінерального азоту та карбонатів в ґрунті). Найчутливішими факторами до пірогенного впливу виявилися: терморегімі ґрунту (зростає), вологість ґрунту (знижується) та дещо менш чутливим є вміст карбонатів у ґрунті (зростає). Пізніше Г.М. Лисенком (Lysenko, 2004) проаналізовано показники 5 екофакторів (терморегімі клімату, вологість ґрунту, вміст мінерального азоту, кислотність і вміст карбонатів у ґрунті) для основних формацій рослинності заповідника та здійснено їхнє порівняння з такими самими показниками відділення Луганського природного

заповідника "Стрілецький степ" (Lysenko, 2009). У рамках дослідження Г.М. Лисенко та І.А. Коротченко (Lysenko, Korotchenko, 2006) за матеріалами 2003 р. здійснили ординацію трьох союзів, що належать до 2 класів: *Festuco-Brometea* і *Agropyretea intermedio-repentis* за парами екофакторів. Усього було проаналізовано 6 екофакторів (вологість ґрунту, його кислотність, вміст карбонатів і мінерального азоту в ґрунті, омброрежим і терморегімі). Автори зазначають, що існуючий на той час заповідний режим не може забезпечити збереження степових угруповань і вказують на необхідність застосування комплексного підходу для їхньої охорони.

Таким чином, рослинність природного заповідника "Михайлівська цілина" загалом та його степові фітосистеми зокрема, є досить добре дослідженими. Однак, в останнє десятиліття спостерігаються зміни в рослинному покриві резервату, зокрема, внаслідок припинення режимного викошування на більшій частині його території, починаючи з 2011 р. При цьому значно посилилася мезофітизація рослинного покриву та зросла загроза для степових рослинних угруповань. Унаслідок припинення багаторічного режимного викошування фітоценози, які знаходилися в "штучному" стані субклімаксу, вийшли з динамічної рівноваги. При цьому напрямок сукцесії змінився, що проявляється у якісних змінах фітоценозів. Тому степова рослинність природного заповідника нині займає проміжне положення між типовими дерновинно-злаковими лучно-степовими і мезофітними кореневищно-злаковими та чагарниковими ценозами (Larionov, 2022, 2023). Все описане вище вимагає продовження фітосоціологічних досліджень у заповіднику. Метою нашої роботи є аналіз цих змін з огляду на синтаксономію та екологічний аналіз із застосуванням сучасних методів.

Матеріали та методи

Територія досліджень. Природний заповідник "Михайлівська цілина" (сучасна площа — 882,9 га) розташований в Сумській області в північній частині лісостепової зони України (<https://sites.google.com/view/mc-sumy-step/>). Тут охороняється єдина в Україні плакорна ділянка цілинних північних лучних степів. Заповідник складається з двох частин: історичної території площею 202,5 га цілинних земель і старих

перелогів та нової — 680,4 га перелогів різного віку (2–20-річні) та балок. Нова територія була остаточно включена до складу заповідника в 2018 р. У межах історичної території можна виділити три ділянки з відмінним рослинним покривом: 1) періодично викошуваний протипожежні смуги по периметру; 2) раніше, до 2011 р., викошуваний степ 3) абсолютно заповідний степ площею близько 46 га, що не викошується з 1947 р. (нині зайнятий мезофітною кореневищно-злаковою, різнотравною та чагарниковою рослинністю, власне степ там зник ще 1981 р.) (Tkachenko, 2005; Larionov, 2022). Комплекси угруповань класу *Festuco-Brometea* поширені практично виключно на історичній території заповідника (у межах протипожежних смуг і раніше викошуваного степу). На новій території степова рослинність ще не набула поширення через незавершеність сукцесії на різновікових перелогах, що її утворюють. Тому в даній роботі розглядається тільки рослинність історичної території.

Територія заповідника розташована в лівобережній фізико-географічній провінції Сумської лісостепової області на Охтирсько-Сумському відрозі Середньоруської височини, яка є широким підвищенням, що поступово знижується в південно-західному напрямку. Рельєф заповідника урізноманітнюють западини різних розмірів, діаметром 5–30 м, глибиною 1–2 м (Sarycheva, 1966; Hetman, 2018). Висота над рівнем моря коливається від 197 м до 144 м. Територія заповідника розсічена балками. Балка "Верхні ставки" проходить з півночі та північного заходу на південний схід і закінчується ставком в с. Степове, балка "Государева гребля" проходить з півночі на південь і на південний захід в північно-східній частині заповідника, в ній є два ставки.

Клімат району помірно-континентальний. За даними Лебединської метеостанції (2018) середньорічна температура становить +6,9 °С, абсолютний максимум +38,5 °С, абсолютний мінімум –36 °С (Berezhna, 2019), середня температура липня +19,9 °С, січня –6,4 °С (Bilyuk, 1957), за 8 років спостережень (1957–1964) З.А. Саричевої (Sarycheva, 1966) у середньому випадало 498,9 мм опадів. На періодичні посушливі періоди тривалістю понад 16 днів вказує І.О. Бережна (Berezhna, 2019).

У ґрунтовому покриві переважають чорноземні типові потужні і надпотужні середньогумусні на лесових материнських породах і

лесовидних суглинках, що містять 3–5% карбонатів, у балках — лучно-чорноземні і болотні ґрунти з вираженим оглеєнням (Sarycheva, 1966). За З.А. Саричевою (Sarycheva, 1966), вміст гумусу в ґрунтах цілинного степу становить 6–7%, у ґрунтах балок — до 12%, гумус накопичується по всьому профілю до глибини 150 см. Карбонати кальцію залягають на глибині 28–68 см по лінії скипання, глибина їхнього залягання відмінна під різними рослинними угрупованнями (найменша — під угрупованнями з домінуванням *Stipa capillata* L., найбільша — під *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth). За "Національним атласом України" (Natsionalnyi Atlas..., 2007) для території заповідника характерні чорноземи типові малогумусні та слабогумусовані середньосуглинкові. За даними О.В. Безродної та І.М. Лози (Bezrodnova, Loza, 2006), вміст гумусу у верхніх шарах ґрунту на плакорі та степових схилах історичної частини заповідника становить 9,3–9,8%, у ґрунтах тальвегу балки — 12,6%. Ґрунти історичної території, порівняно з новою, мають більший загальний вміст гумусу.

Збір та обробка даних. Повні фітосоціологічні описи з координатною прив'язкою виконувались автором у заповіднику в період 2021–2022 рр. Для даного дослідження використано 177 описів степової рослинності. Описи виконувались на ділянках 25 м². Мохово-лишайниковий покрив автором не досліджувався. Проективне покриття оцінювали за шкалою Б.М. Міркіна: "+" — < 1%, "1" — 1–5%, "2" — 6–15%, "3" — 16–25%, "4" — 26–50%, "5" — > 50% (Mirkin et al., 2001). Зібрані описи зберігалися у форматі бази даних в програмі Turboveg for Windows 2.92 (Hennekens, Schaminée, 2001; Hennekens, 2017), після чого оброблялися в програмі Juice 7.1 (Tichý, 2002).

Аналіз даних. Для аналізу відібраних описів використовували модифікований алгоритм TWINSPAN (Roleček et al., 2009) з трьома рівнями зрізу псевдовидів (0, 5, 25%). Бету Уїттекера застосовували як міру гетерогенності кластерів (Whittaker, 1972). Структуру кластерів аналізували за діагностичними, константними і домінантними видами. В якості діагностичного параметра використовували коефіцієнт ϕ_i (Chytrý et al., 2002). Його порогове значення приймали на рівні 0,25, високодіагностичними видами вважали ті, у яких даний коефіцієнт перевищував 0,5 (їх в тексті виділено жирним

шрифтом). Види з недостовірним діагностичним значенням на основі точного тесту Фішера ($P < 0,01$) відкидали. Види з частотою трапляння більше 30% визначали як константні, а з частотою більше 50% — як висококонстантні (в тексті виділено жирним шрифтом). В якості порогу для визначення виду як домінантного приймали значення проективного покриття не менше 15% та частоту трапляння не менше 15%. Для визначення одиниць рослинності використовували "Продромус рослинності України" (Dubyna et al., 2019). Для синфітоіндикації використовували шкалу Я.П. Дідуха (Didukh, 2011). Для оцінки екологічних вимог окремих асоціацій використовували базовий статистичний аналіз у програмі STATISTICA 12.0. Екологічну диференціацію синтаксонів проводили з використанням методу DCA-ординації (Hill, Gauch, 1980) за допомогою R-program (R Core Team, 2023), інтегрованої (Zelený, Tichý, 2009) з пакетом Juice 7.1. (Tichý, 2002). Ключові екофактори визначали за ступенем кореляції розрахованих для аналізованих описів екофакторів з показниками DCA-ординації даних описів по різних осях за допомогою програми STATISTICA 12.0; фактори з найбільшими значеннями кореляції по модулю вважалися ключовими (Honcharenko, 2017). Результати синфітоіндикації представляли у вигляді діаграми розмаху (графік типу "ящик з вусами"). При цьому "ящик" на графіку відображає міжквартильний діапазон (25–75% значень), риска на "ящику" показує значення медіани, а "вуса" — діапазон значень 5–95%. Крапки за межами графіка показують викиди. Номенклатура синтаксонів наведена за "Продромусом рослинності України" (Dubyna et al., 2019), у спірних питаннях перевага віддавалася номенклатурі за Mucina et al. (2016). Назви рослин наведені переважно за *Vascular Plants of Ukraine. A Nomenclatural Checklist* (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999). Наведено фітосоціологічну таблицю (табл. 1), що включає вибірку репрезентативних геоботанічних описів у кількості 30 од. для виявлених синтаксонів.

Результати та обговорення

За результатами обробки даних отримано дендрограму класу *Festuco-Brometea* в природному заповіднику "Михайлівська цілина" (рис. 1). На ній можна виділити 2 групи кластерів, що

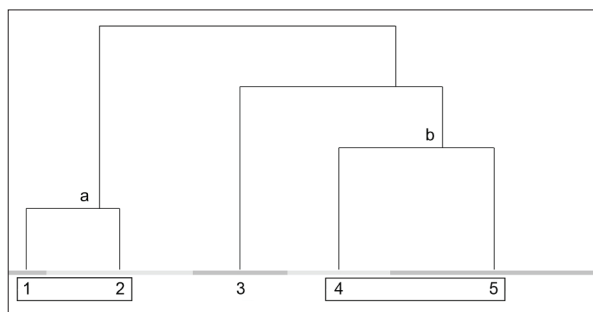


Рис. 1. Класифікаційна дендрограма класу *Festuco-Brometea* в природному заповіднику "Михайлівська цілина". Номери (1–5) відповідають номерам кластерів в тексті

Fig. 1. Classification dendrogram of the class *Festuco-Brometea* in Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve. Numbers (1–5) correspond to numbers of clusters in the text

a — ass. *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae*, b — ass. *Carici humilis-Stipetum pennatae*; 1 — subass. *primuletosum veri*, 2 — subass. *knautietosum arvensi*, 3 — ass. *Carici humilis-Stipetum capillatae*, 4 — var. *Euphorbia semivillosa*, 5 — var. *Vincetoxicum hirsundinaria*

відповідають асоціаціям: *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae* Korotchenko et Didukh 1997, *Carici humilis-Stipetum pennatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987. Кластери: 1, 2, 4, 5 відповідають субасоціаціям та варіантам даних асоціацій. Кластер 3 відповідає асоціації *Carici humilis-Stipetum capillatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987 (див. підрозділ "Характеристика кластерів дендрограми" та табл. 1). Кластери характеризуються відмінністю видового складу діагностичних видів (у більшості випадків зі значними показниками коефіцієнту *phi* (табл. 2) та інтегрального показника гостроти "Sharpness" (Chytrý, Tichý, 2003), а також складом домінантів, тому зазвичай є чітко фізіономічно відмінними.

Характеристика кластерів дендрограми

КЛАСТЕР 1. Субасоц. *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri* subass. nova prov. (табл. 1: описи 1–6).

Згідно з ІСРП, у зв'язку з наявністю описів нових субасоціацій *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri* та *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi* лише з одного локалітету (заповідного об'єкта) виділяємо їх провізорно. Для подальшої валідазації даних субасоціацій необхідна також інформація про їхню синхорологію з інших локалітетів.

Діагностичні види (Д.в.) (тут і далі наведені за спаданням коефіцієнту *phi* (табл. 2)): *Primula veris* L., *Equisetum arvense* L., *Senecio schwetzwii* Korsh., *Pilosella officinarum* F. Schult. & Sch. Bip., *Pedicularis kaufmannii* Pinzg., *Briza media* L., *Ranunculus polyanthemos* L., *Anemone sylvestris* L., *Salvia pratensis* L.

Константні види (тут і далі наведені за спаданням частоти трапляння): *Arrhenatherum elatius*, *Galium verum* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wolf.) Kláskova, *Thalictrum simplex* L., *T. minus* L., *Poa angustifolia* L., *Filipendula vulgaris* Moench, *Betonica officinalis* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Dactylis glomerata* L., *Cirsium polonicum* (Petrak) Pjin.

Домінантні види (тут і далі наведені за частотою домінування): *Chamaecytisus ruthenicus*, *Arrhenatherum elatius*, *Salvia pratensis*, *Calamagrostis epigeios*.

Угруповання характерні для невикоршуваних чагарниково-степових ділянок історичної території заповідника. Загальна кількість видів — 72. Видова насиченість 13–24 видів, в середньому становить 18 видів на 25 м². Висота травостою 90–140 см, висота чагарникового ярусу 50–120 см (іноді до 160 см). Загальне проективне покриття зазвичай 100%. Покриття чагарникового ярусу — 5–60%, він утворений переважно *Chamaecytisus ruthenicus*. Товщина шару мертвого покриву становить 5–15 см. Фітоценози даної субасоціації більш мезофітизовані порівняно із *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi*. На це вказує присутність *Equisetum arvense*, *Primula veris*, *Briza media*. У більш вологих умовах (на схилах балок практично до межі *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) трапляються фітоценози даної субасоціації варіанту *Senecio schwetzwii* зі значним проективним покриттям цього виду. Угруповання є цінними із соціологічної точки зору, оскільки в них трапляються види, занесені до Червоної книги України (ЧКУ) (<https://mep.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/vklyuchennya-858-05.03.2021.pdf>): *Dracosephalum ruyschiana* L., *Stipa pennata* L. та регіонально рідкісні види (Andriyenko, Perehrym, 2012): *Anemone sylvestris* L., *Campanula persicifolia* L., *Linum austriacum* L., *L. flavum* L.

КЛАСТЕР 2. Субасоц. *Salvia pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi* subass. nova prov. (табл. 1: описи 7–12).

Діагностичні види: *Dactylis glomerata*, *Knautia arvensis*, *Convolvulus arvensis* L., *Leucanthemum vulgare*, *Salvia pratensis*, *Festuca valesiaca* Gaudin, *Tragopogon major* Jacq., *Centaurea scabiosa* L., *Stellaria graminea* L., *Asperula cynanchica* L., *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Plantago lanceolata* L., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Sanguisorba officinalis* L., *Fragaria viridis* Duchesne, *Phalacrologium annuum* (L.) Dumort., *Veronica chamaedrys* L.

Константні види: *Arrhenatherum elatius*, *Gali-um verum*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Filipendula vulgaris*, *Betonica officinalis*, *Thalictrum minus*, *Poa angustifolia*, *Calamagrostis epigeios*, *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Hypericum perforatum* L., *Euphorbia seguieriana* Neck.

Домінантні види: *Arrhenatherum elatius*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Calamagrostis epigeios*.

Фітоценози трапляються в межах історичної території заповідника переважно на викошуваних протипожежних смугах, хоча трапляються плямами і в межах раніше викошуваного степу, зокрема варіант *Elytrigia intermedia*. Загальна кількість видів становить 108. Видова насиченість 8–30 видів, в середньому 19 видів на 25 м². Висота травостою 100–140 см, висота чагарникового ярусу внаслідок періодичного викошування в межах протипожежних смуг рідко перевищує 50–60 см. Загальне проективне покриття 90–100%. Покриття чагарникового ярусу рідко перевищує 15%, він утворений переважно *Chamaecytisus ruthenicus*, іноді *C. austriacus* (L.) Link. Товщина шару сухої підстилки 1–5 см, іноді до 7 см. Фітоценози даного кластеру є більш ксерофітними порівняно з попереднім, що підтверджується значною присутністю: *Festuca valesiaca* покриття 1–15% (рідше до 30%) і *Stipa pennata* 1–15% (рідше до 30%), домішкою *Phleum phleoides*, *Carex humilis* Leyss., *Euphorbia seguieriana* та інших ксерофітів, які в попередньому кластері трапляються поодинокі, а *C. humilis* взагалі відсутня. Ці угруповання є цінними з соцологічної точки зору, оскільки в них трапляються види, занесені до ЧКУ: *Adonis vernalis* L., *Dracocephalum ruyschiana*, *Gladiolus tenuis* M. Bieb., *Stipa pennata*; та види, що охороняються на регіональному рівні: *Anemone sylvestris*, *Campanula persicifolia*, *Dianthus eugeniae* Kleorow, *Iris hungarica* Waldst. & Kit. (занесений до списку Бернської конвенції, далі БК) (Vasylyuk et al., 2019.), *Linum austriacum*, *Valeriana rossica* P.A. Smirn.

КЛАСТЕР 3. Асоц. *Carici humilis-Stipetum capillatae* (табл. 1: описи 13–18).

Діагностичні види: *Falcaria vulgaris* Bernh., *Allium oleraceum* L., *Campanula bononiensis* L., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Linaria vulgaris* Mill., *Stipa capillata* L., *Stachys recta* L., *Carex humilis*, *Achillea submillefolium*, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub., *Euphorbia seguieriana*, *Euphorbia cyparissias* L., *Poa angustifolia*, *Dianthus eugeniae*, *Turritis glabra* L., *Carduus acanthoides* L., *Hypericum perforatum*, *Elytrigia repens*, *Festuca valesiaca*.

Константні види: *Galium verum*, *Betonica officinalis*, *Arrhenatherum elatius*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Calamagrostis epigeios*, *Filipendula vulgaris*, *Thalictrum minus*, *Phlomis tuberosa* L. (*Phlomoide tuberosa* (L.) Moench), *Origanum vulgare* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik., *Convolvulus arvensis*, *Salvia pratensis*, *Knautia arvensis*.

Домінантні види: *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios*.

Фітоценози даного кластеру поширені переважно на викошуваних протипожежних смугах, а в межах раніше викошуваного степу трапляються виключно у вигляді компактних плям. Дані угруповання є найбільш ксерофітними в заповіднику. Проте в них також відбувається процес мезофітизації, значною мірою стримуваний режимним викошуванням. Про його наявність свідчить домінування кореневищних злаків. Загальна кількість видів 96. Видова насиченість найбільша серед фітоценозів заповідника і складає 14–37 видів, у середньому 24 види на 25 м². Висота травостою 90–120 см, висота чагарникового ярусу на викошуваних протипожежних смугах 50–70 см, його проективне покриття не перевищує 10–15%, у раніше викошуваному степу його висота становить до 120 см з покриттям до 25%. Загальне проективне покриття 90–100%. У фітоценозах кластеру трапляється багато ксерофітів: *Stipa capillata* (покриття 1–25%), *S. pennata*, *Carex humilis* (покриття 1–15%), *C. praecox* Schreb., *Euphorbia seguieriana*, *Oxytropis pilosa* (L.) DC. та ін. Ці угруповання є цінними з соцологічної точки зору, оскільки в них трапляються види, занесені до ЧКУ: *Adonis vernalis*, *Stipa capillata*, *S. pennata*; регіонально рідкісні види: *Anemone sylvestris*, *Campanula persicifolia*, *Dianthus eugeniae*, *Iris hungarica* (БК), *Oxytropis pilosa*.

Carici humilis-Stipetum pennatae представлена в заповіднику переважно чагарниково-степовим

комплексом, що нечітко розділяється на 2 варіанти (кластери 4 і 5) з невисоким показником Sharpness, діагностичні види в них не численні. Однак, фізіономічно вони чітко відмінні. Існування даного комплексу, на думку автора, є результатом 11-річної абсолютної заповідності (з 2011 р.) на ділянці раніше викошуваного степу, що спрямувало сукцесію в бік мезофітних кореневищно-злакових угруповань. Дані фітоценози займають проміжне положення між кореневищно-злаковими та різнотравними угрупованнями абсолютно заповідного степу і типовими чагарниково-степовими фітоценозами.

КЛАСТЕР 4. Асоц. Carici humilis-Stipetum pennatae var. Euphorbia semivillosa (табл. 1: описи 19–24).

Діагностичні види: *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Veratrum nigrum* L., *Carex praecox*.

Константні види: *Galium verum*, *Calamagrostis epigeios*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Filipendula vulgaris*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Arrhenatherum elatius*, *Betonica officinalis*, *Elytrigia repens*, *Stipa pennata*, *Poa angustifolia*, *Hypericum perforatum*, *Origanum vulgare*, *Thalictrum minus*.

Домінантні види: *Calamagrostis epigeios*, *Euphorbia semivillosa*, *Elytrigia repens*, *Arrhenatherum elatius*, *Chamaecytisus ruthenicus*.

Дані угруповання є сильно мезофітизованими. Поширені на раніше викошуваному степу, входять до складу чагарниково-степових комплексів. У пониженнях переходять в угруповання асоціації *Calamagrostietum epigei* Kostylev in Solomakha et al. 1992 класу *Artemisietea vulgaris* зі значним проективним покриттям *Euphorbia semivillosa* і *Chamaecytisus ruthenicus*. Загальна кількість видів в кластері 68. Видова насиченість невисока, від 8 до 22 видів, в середньому 14 видів на 25 м². Висота травостою коливається від 100 до 130 см, висота чагарникового ярусу 60–150 см. Загальне проективне покриття 90–100%, покриття чагарникового ярусу 10–40%. Товщина шару сухої підстилки переважно 5–20 см, іноді менше 5 см. У фітоценозах кластеру спостерігається значна присутність мезофітів: *Euphorbia semivillosa*, *Calamagrostis epigeios*, *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia repens*, *Dactylis glomerata*, *Betonica officinalis*, *Origanum vulgare*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Nepeta pannonica* L., *Rumex crispus* L. та ін. Присутні також ксерофіти: *Stipa pennata* (покриття 1–15%, іноді до 30%), *Festuca valesiaca* (до 10%), *Carex*

humilis, *C. praecox* тощо. Ці угруповання є менш цінними в соціологічному аспекті, порівняно з попередніми, у зв'язку зі зменшенням частки степового компоненту та зниженням видової насиченості, але в них все ж трапляються види, занесені до ЧКУ: *Adonis vernalis*, *Delphinium cuneatum* Steven ex DC., *Dracocephalum ruyschiana*, *Stipa pennata*; а також регіонально рідкісні види: *Campanula persicifolia*, *Dianthus eugeniae*, *Iris hungarica* (БК), *Pedicularis kaufmannii*, *Veratrum nigrum*.

КЛАСТЕР 5. Асоц. Carici humilis-Stipetum pennatae var. Vincetoxicum hirundinaria (табл. 1: описи 25–30).

Діагностичні види: *Phlomis tuberosa*, *Vincetoxicum hirundinaria*.

Константні види: *Chamaecytisus ruthenicus*, *Arrhenatherum elatius*, *Galium verum*, *Elytrigia repens*, *Betonica officinalis*, *Calamagrostis epigeios*, *Origanum vulgare*, *Thalictrum minus*, *Hypericum perforatum*, *Thalictrum simplex*, *Stipa pennata*, *Salvia pratensis*.

Домінантні види: *Elytrigia repens*, *Arrhenatherum elatius*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Calamagrostis epigeios*.

Дані угруповання є сильно мезофітизованими. Поширені у раніше викошуваному степу, входять до складу чагарниково-степових комплексів. Загальна кількість видів у кластері — 83. Видова насиченість невисока, від 7 до 22 видів, у середньому 13 видів на 25 м². Висота травостою 95–120 см, чагарникового ярусу 60–150 см. Загальне проективне покриття 90–100%, покриття чагарникового ярусу 10–65%. Товщина шару сухої підстилки становить 5–15 см. У фітоценозах кластеру спостерігається значна присутність мезофітів: *Calamagrostis epigeios*, *Arrhenatherum elatius*, *Elytrigia repens*, *Dactylis glomerata*, *Betonica officinalis*, *Origanum vulgare*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Glechoma hederacea* L. та ін. Беруть участь і ксерофіти: *Stipa pennata* (покриття 1–15%, іноді до 20%), *Stipa capillata* (трапляється рідко, на схилах південної експозиції з покриттям 1–10%) *Festuca valesiaca* (до 5%), *Euphorbia seguieriana*, *Carex humilis* тощо. Тут присутні раритетні види, занесені до ЧКУ: *Adonis vernalis*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Paeonia tenuifolia* L. (БК), *Stipa pennata*, *Stipa capillata* та регіонально рідкісні види: *Iris hungarica* (БК), *Pedicularis kaufmannii*, *Linum flavum*.

Класифікаційна схема рослинності класу *Festuco-Brometea* природного заповідника "Михайлівська цілина"

Cl. *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947

Ord. *Festucetalia valesiaca* Soó 1947

All. *Festucion valesiaca* Klika 1931

Ass. 1. *Carici humilis-Stipetum pennatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987

Var. *Vincetoxicum hirundinaria*

Var. *Euphorbia semivillosa*

Ass. 2. *Carici humilis-Stipetum capillatae* Tkachenko, Movchan et Solomakha 1987

Ass. 3. *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae* Korotchenko et Didukh 1997

Subass. *knautietosum arvensi* subass. nova hoc loco prov.

Subass. *primuletosum veri* subass. nova hoc loco prov.

Екологічна характеристика синтаксонів класу *Festuco-Brometea* в заповіднику

Проведено DCA-ординацію синтаксонів класу *Festuco-Brometea* в заповіднику за 12-ма екологічними факторами та за її результатами побудовано діаграму (рис. 2).

В ході аналізу результатів DCA-ординації виявлено, що ключовими екологічними факторами для першої ординаційної осі (DCA1) з найбільшими розрахунковими показниками коефіцієнту кореляції Спірмена (R) по модулю за рівнем значимості 0,001, є сольовий режим ґрунту — Sl (R = -0,56) і рівень ґрунтової аерації — Ae (R = 0,50), а для осі DCA2 — вологість ґрунту — Hd (R = -0,57) і вміст ґрунтового азоту — Nt (R = -0,54). Кластери 1–3 на діаграмі слабо перекриваються, що доводить різку відмінність між ними і підтверджує правомірність виділення даних синтаксонів, кластери 4 і 5 перекриваються сильно, при цьому 5 охоплює значно ширший діапазон факторів. Таким чином, відмінність між синтаксонами 4 і 5 менш виражена, що в загальному збігається з результатами алгоритму TWINSPAN (табл. 2), де кластери 4 та 5 також виділяються менш чітко.

Побудовано діаграми розмаху, що характеризують розподіл синтаксонів класу *Festuco-Brometea* за 12-ма екологічними факторами (рис. 3).

Для фітоценозів класу *Festuco-Brometea* в заповіднику характерний інтервал значень показника вологості ґрунту (Hd) 9,21–10,85 балів без урахування викидів, що вказує на їхню належність до субмезофітної та мезофітної екогруп. При цьому фітоценози синтаксонів 2, 4 і 5, що відповідають невикосуваним чагарниково-степовим угрупованням, є більш мезофітними порівняно з фітоценозами синтаксонів 1 і 3, які відповідають переважно викосуваним

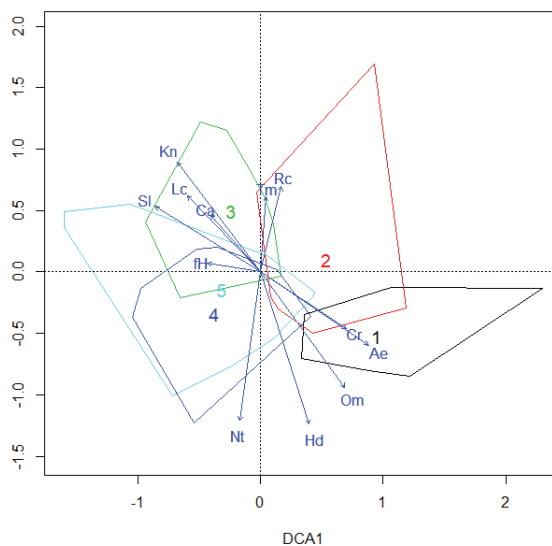


Рис. 2. Результати DCA-ординації рослинних угруповань класу *Festuco-Brometea* природного заповідника "Михайлівська цілина" за екологічними факторами: Hd — вологість ґрунту, Ae — рівень ґрунтової аерації, fH — флуктуації рівня зволоження, Rc — рівень ґрунтової кислотності, Sl — сольовий режим ґрунту, Ca — вміст карбонатів, Nt — вміст ґрунтового азоту, Tm — терморегімі клімату, Om — омброрегімі клімату, Kn — континентальність клімату, Cr — кріорегімі клімату, Lc — рівень освітленості

Fig. 2. Results of DCA-ordination of the plant communities of the class *Festuco-Brometea* of Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve according to ecological factors: Hd — soil humidity, Ae — soil aeration, fH — damping variability, Rc — soil acidity, Sl — salt regime, Ca — carbonate content in soil, Nt — nitrogen content in soil, Tm — thermal climate, Om — climate humidity (ombroregime), Kn — climate continentality, Cr — cryoclimate, Lc — light

1 — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri*, 2 — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi*, 3 — *Carici humilis-Stipetum capillatae*, 4 — *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Euphorbia semivillosa*, 5 — *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Vincetoxicum hirundinaria*

Таблиця 1. Рослинність класу *Festuco-Brometea* в природному заповіднику "Михайлівська цілина"
 Table 1. Vegetation of the class *Festuco-Brometea* in Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Крутизна схилу, °	4	0	4	4	0	0	4	4	4	5	4	5
Експозиція	SE	–	SE	SE	–	–	E	SW	S	E	E	E
Заг. проєктивне покриття, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Покриття трав'яного ярусу, %	80	50	40	40	50	65	90	100	100	100	85	100
Покриття чагарникового ярусу, %	20	50	60	60	50	35	10	0	0	0	15	0
Товщина шару мертвого покриву, см	7	4	5	10	1	1	3	1	2	2	1	2
Кількість видів	17	20	21	13	15	19	27	21	16	26	30	23
Номер синтаксона	1						2					
Д.в. субсоц. <i>Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri</i> subass. nova prov.												
<i>Primula veris</i>	1	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Equisetum arvense</i>	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio schwetzwii</i>	1	.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Pedicularis kaufmannii</i>	+	.	+	1	+	.	.	.	.	+	.	+
<i>Briza media</i>	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Anemone sylvestris</i>	4	.	.	2	.	.	+	.	.	+	+	.
Д.в. субсоц. <i>Salvio pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi</i> subass. nova prov.												
<i>Knautia arvensis</i>	+	+	.	.	.	.	+	+	+	1	.	1
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.
<i>Leucanthemum vulgare</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	+
<i>Centaurea scabiosa</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	1	.
<i>Stellaria graminea</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+
<i>Asperula cynanchica</i>	.	+	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.
<i>Phleum phleoides</i>	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1	1	+
<i>Onobrychis tanaitica</i>	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	+	.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1
Д.в. асоц. <i>Salvio pratensis-Poetum angustifoliae</i>												
<i>Phlomis tuberosa</i>	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Salvia pratensis</i>	1	2	1	2	4	4	.	1	3	1	1	2
<i>Poa angustifolia</i>	1	.	2	1	.	.	2	2	.	2	2	2
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Trifolium alpestre</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Д.в. асоц. <i>Carici humilis-Stipetum capillatae</i>												
<i>Carex humilis</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.
<i>Stipa capillata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
<i>Falcaria vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Д.в. <i>Carici humilis-Stipetum pennatae</i> var. <i>Euphorbia semivillosa</i>												
<i>Euphorbia semivillosa</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	2
<i>Veratrum nigrum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex praecox</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Д.в. <i>Carici humilis-Stipetum pennatae</i> var. <i>Vincetoxicum hirundinaria</i>												
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phlomis tuberosa</i>	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.
Д.в. асоц. <i>Carici humilis-Stipetum pennatae</i>												
<i>Asparagus officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromopsis inermis</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.
<i>Filipendula vulgaris</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Stipa pennata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum minus</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	+	+

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Крутизна схилу, °	4	0	4	4	0	0	4	4	4	5	4	5
Експозиція	SE	–	SE	SE	–	–	E	SW	S	E	E	E
Заг. проективне покриття, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Покриття трав'яного ярусу, %	80	50	40	40	50	65	90	100	100	100	85	100
Покриття чагарникового ярусу, %	20	50	60	60	50	35	10	0	0	0	15	0
Товщина шару мертвого покриву, см	7	4	5	10	1	1	3	1	2	2	1	2
Кількість видів	17	20	21	13	15	19	27	21	16	26	30	23
Номер синтаксона	1						2					
Д.в. класу <i>Festuco-Brometea</i>												
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	3	4	5	4	4	4	2	.	.	.	2	1
<i>Elytrigia intermedia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia cyparissias</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca valesiaca</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	1	+
<i>Salvia nutans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio erucifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Stachys recta</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.
<i>Veronica spicata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Інші види												
<i>Achillea submillefolium</i>	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.
<i>Allium oleraceum</i>	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	1	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	3	2	4	4	.	3	4	5	4	5	4	4
<i>Betonica officinalis</i>	.	+	.	.	.	1	.	.	+	1	1	1
<i>Calamagrostis epigeios</i>	.	4	.	.	.	.	1	.	2	.	2	2
<i>Campanula bononiensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium polonicum</i>	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	1	2	.	1	1	1	1	1	1
<i>Dianthus eugeniae</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Elytrigia repens</i>	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia seguieriana</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	+	.
<i>Festuca pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Galium verum</i>	+	+	.	+	.	2	2	1	1	1	1	1
<i>Glechoma hederacea</i>	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Linaria vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Origanum vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Prunus stepposa</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum simplex</i>	.	1	1	1	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Tragopogon major</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Trifolium pratense</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.

Види, що трапляються зрідка (в дужках — номер опису та проективне покриття в балах): *Adonis vernalis* (27 (+)), *Allium* (+), *Carex otrubae* (3 (+)), *Cichorium intybus* (16 (+)), *Cirsium arvense* (5 (+)), *Coccyganthe flos-cuculi* (10 (+)), *Daucus carota* (12 (2 (+)), *Iris hungarica* (24 (+), 26 (+)), *Lactuca serriola* (7 (+)), *Linum austriacum* (2(+), 8(1)), *Linum flavum* (2 (+)), *Lithospermum cataria* (4 (+)), *Nepeta pannonica* (23 (1), 24 (1)), *Otites chersonensis* (11 (+), 16 (1)), *Peucedanum alsaticum* (17 (+)), *Phalacrolooma* (+), *Securigera varia* (2 (+)), *Senecio jacobaea* (15 (+)), *Thesium arvense* (4 (+)), *Trifolium montanum* (12 (+)), *Turritis glabra* (14 **Синтаксони:** 1 — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri*; 2 — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae* 5 — *Carici humilis-Stipetum pennatae var. Vincetoxicum hirsundinariae*.

Місцезнаходження, авторство та дата описів: Сумська обл., Сумський р-н, природний заповідник "Михайлівська 27.06.2021; 9 — 01.07.2021; 30 — 04.07.2021; 10, 12 — 08.07.2021; 2 — 09.07.2021; 26 — 30.08.2021; 27, 29 — 01.09.2021; 19,

Таблиця 1. (продовження)
Table 1. (continued)

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	5	0	4	4	5	0	4	0	0	0	0	0	4	0	4	4	5
NW	W	–	E	E	W	–	S	–	–	–	–	–	S	–	E	NW	W
100	100	100	100	100	100	100	95	100	90	100	100	100	100	95	100	100	100
95	85	100	90	95	85	95	90	80	90	85	97	70	90	85	40	65	80
5	15	0	10	5	15	5	5	20	0	15	3	30	10	10	60	35	20
1	1	1	3	1	1	8	6	5	2	3	3	8	6	3	10	3	3
24	28	23	26	26	25	11	19	9	18	14	13	15	18	15	12	10	15
3						4						5					
1	2	2	2	1	2	.	1	2	.	.	1	4	2	2	5	4	3
.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	1	2	1	3	3	.	.	.	+	.	.	.	+	1	.	.	+
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
1	1	1	1	1	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
.
1	1	.	+	+	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
1	+	1	+	1	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
3	3	3	4	4	2	.	2	.	4	.	.	3	3	3	3	4	4
1	1	.	+	+	1	+	1	.	1	.	+	1	1	+	.	.	+
1	2	2	3	2	2	4	.	3	3	.	3	4	3	3	.	1	.
+	+	.	+	+
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.
+	+	.	+	+	+
2	2	3	2	2	2	2	3	.	3	4	.	4	2	1	1	.	3
.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
1	1	1	1	1	1	.	1	.	1	1	+	1	1	1	1	2	1
.	+	.	+
.	+	+	.	1	1	.	1	.	1	+	.	.	+	.	+	.	+
2	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
.	.	.	.	.	1	.	1	.	+	1	.	.	.	.	.	1	1
+	+	+	.	+
.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	+	.	.	.	1	.	.
.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.
.
.	+

rotundum (7 (+)), *Agrimonia grandis* (3 (+), 5(+)), *Artemisia absinthium* (8 (+), 15 (1)), *Astragalus cicer* (8 (1)), *Berteroa incana* (8 (+)), *Dracocephalum ruyschiana* (4 (+)), *Eryngium planum* (8 (+)), *Fragaria viridis* (1 (+)), *Galium mollugo* (3 (+)), *Genista tinctoria officinale* (2 (+), 19 (+)), *Lotus corniculatus* (7 (+), 9 (1)), *Medicago falcata* (11 (+), 17 (+)), *Melandrium album* (15 (+)), *Nepeta annuum* (6 (+), 10 (+)), *Phlomis pungens* (7 (+)), *Pilosella cymosa* (6 (+), 9 (+)), *Polygala comosa* (3 (+)), *Pyrus communis* (23 (+), 26 (+), 17 (1)), *Urtica dioica* (3 (+)), *Verbascum lychnitis* (4 (+)), *Veronica chamaedrys* (10 (+)), *Viola ambigua* (5 (+), 11 (+)).

knautietosum arvensis; 3 — *Carici humilis-Stipetum capillatae*; 4 — *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Euphorbia semivillosa*;

цілина", історична територія (202,5 га): Вакаренко Л.П., Ларіонов М.С.: 1, 3, 4 — 20.06.2021; Ларіонов М.С.: 5, 6 — 21, 23 — 06.09.2021; 24 — 07.09.2021; 7, 11, 15 — 18, 22 — 20.07.2022; 13, 14 — 21.07.2022.

Таблиця 2. Синоптична таблиця синтаксонів класу *Festuco-Brometea* за коефіцієнтом вірності *phi*
 Table 2. Synoptic table of the syntaxa of the class *Festuco-Brometea* by fidelity coefficient *phi*

Номер синтаксону (№)	1	2	3	4	5	Номер синтаксону (№)	1	2	3	4	5
Кількість описів	12	44	28	31	62	Кількість описів	12	44	28	31	62
Д.в. <i>Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri</i> subass. nova prov.						Д.в. <i>Carici humilis-Stipetum capillatae</i>					
<i>Primula veris</i>	55.3	-	-	-	-	<i>Falcaria vulgaris</i>	-	-	59.0	-	-
<i>Equisetum arvense</i>	48.9	-	-	-	-	<i>Allium oleraceum</i>	-	-	57.7	-	-
<i>Senecio schwetzowii</i>	48.9	-	-	-	-	<i>Campanula bononiensis</i>	-	-	49.7	-	-
<i>Pilosella officinarum</i>	39.6	-	-	-	-	<i>Melandrium album</i>	-	-	44.7	-	-
<i>Pedicularis kaufmannii</i>	36.4	-	-	-	-	<i>Linaria vulgaris</i>	-	-	44.6	-	-
<i>Briza media</i>	34.7	-	-	-	-	<i>Stipa capillata</i>	-	-	43.7	-	-
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	33.7	-	-	-	-	<i>Stachys recta</i>	-	-	43.2	-	-
<i>Anemone sylvestris</i>	32.1	-	-	-	-	<i>Carex humilis</i>	-	-	43.2	-	-
<i>Salvia pratensis</i>	29.0	-	-	-	-	<i>Achillea submillefolium</i>	-	-	42.3	-	-
Д.в. <i>Salvio pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi</i> subass. nova prov.						<i>Bromopsis inermis</i>	-	-	39.5	-	-
<i>Dactylis glomerata</i>	-	61.1	-	-	-	<i>Euphorbia seguieriana</i>	-	-	39.5	-	-
<i>Knautia arvensis</i>	-	57.4	-	-	-	<i>Euphorbia cyparissias</i>	-	-	38.9	-	-
<i>Convolvulus arvensis</i>	-	42.5	-	-	-	<i>Poa angustifolia</i>	-	-	37.5	-	-
<i>Leucanthemum vulgare</i>	-	41.2	-	-	-	<i>Dianthus eugeniae</i>	-	-	36.8	-	-
<i>Salvia pratensis</i>	-	38.3	-	-	-	<i>Turritis glabra</i>	-	-	35.0	-	-
<i>Festuca valesiaca</i>	-	37.8	-	-	-	<i>Carduus acanthoides</i>	-	-	30.0	-	-
<i>Tragopogon major</i>	-	33.9	-	-	-	<i>Hypericum perforatum</i>	-	-	28.0	-	-
<i>Centaurea scabiosa</i>	-	32.6	-	-	-	<i>Elytrigia repens</i>	-	-	26.6	-	-
<i>Stellaria graminea</i>	-	31.6	-	-	-	<i>Festuca valesiaca</i>	-	-	25.8	-	-
<i>Asperula cynanchica</i>	-	30.5	-	-	-	Д.в. <i>Carici humilis-Stipetum pennatae</i> var.					
<i>Phleum phleoides</i>	-	28.9	-	-	-	<i>Euphorbia semivillosa</i>	-	-	-	56.6	-
<i>Plantago lanceolata</i>	-	28.6	-	-	-	<i>Euphorbia semivillosa</i>	-	-	-	28.5	-
<i>Onobrychis tanaitica</i>	-	28.6	-	-	-	<i>Carex praecox</i>	-	-	-	25.1	-
<i>Sanguisorba officinalis</i>	-	26.4	-	-	-	Д.в. <i>Carici humilis-Stipetum pennatae</i> var.					
<i>Fragaria viridis</i>	-	26.1	-	-	-	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	-	-	-	-	39.9
<i>Phalacrologium annuum</i>	-	25.6	-	-	-	<i>Phlomis tuberosa</i>	-	-	-	-	26.1
<i>Veronica chamaedrys</i>	-	25.2	-	-	-	<i>Vincetoxicum</i>	-	-	-	-	26.1
						<i>hirundinaria</i>	-	-	-	-	

лучно-степовим ценозам протипожежних смуг. Найбільш ксерофітними угрупованнями класу *Festuco-Brometea* в заповіднику є *Carici humilis-Stipetum capillatae* з амплітудою Hd 9,20–10,09 балів, а найбільш мезофітними — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri* з амплітудою Hd 9,71–10,85 балів. Зазначена відмінність показників Hd у ценозів різних синтаксонів викошуваних і невикосуваних ділянок ілюструє вплив сінокошення на вологість ґрунту, яка знижується за його дії, що додатково сприяє розвитку степової рослинності.

За 95 років заповідності відбулася суттєва зміна середнього показника Hd: від 8,90±0,14 балів (за розрахунками В.С. Ткаченка зі співавторами (Tkachenko et al., 1993b), виконаними за шкалою Я.П. Дідуха з використанням геоботанічних описів Є.М. Лавренка та І.Г. Зоза

(Lavrenko, Zoz, 1928), зібраних у 1927 р. перед створенням заповідника) до 9,84±0,31 балів (на протипожежних смугах) та 10,08±0,26 балів (на раніше викошуваному степу) для синтаксонів класу *Festuco-Brometea* в 2022 р. (за нашими даними), тобто на 0,94 та 1,18 балів. Значна розбіжність між показниками Hd на протипожежних смугах у 2022 р. та показниками 1927 р. вказує на недостатність існуючого режиму викошування, для повного нівелювання впливу режиму зволоження, зумовленого географічним положенням заповідника. Це проявляється в стабілізації рослинних угруповань у проміжному, між лучним і типовим лучно-степовим. стані субкліматсу. При цьому навіть на викошуваних ділянках поряд зі значною присутністю дерновинних злаків спостерігається значна участь кореневищних злаків і видів

різнотрав'я, характерних для луків та узлісь. Показники 1927 р. забезпечувалися дією значного пасовищного навантаження та регулярного викошування. Розбіжність між середніми показниками Hd (за 2022 р.) на раніше викошуваному степу і викошуваних протипожежних смугах на 0,24 бала вказує на негативний ефект припинення викошування, що відображається в значній відмінності їхнього рослинного покриву.

Зазначене вище підтверджує думку, висловлену Г.М. Лисенком та І.А. Коротченко (Lysenko, Korotchenko, 2006), про необхідність комплексного підходу для охорони степової рослинності даного заповідника.

Угруповання класу *Festuco-Brometea* в заповіднику формуються в інтервалі показника ґрунтової аерації (Ae) 5,50–6,73 балів без урахування викидів, що відповідає субаерофільним і геміаерофобним екогрупам.

Для фітоценозів класу *Festuco-Brometea* в заповіднику характерний інтервал показника ґрунтової кислотності (Rc) 7,90–8,81 балів, що відповідає переважно нейтрофільній та субацидофільній екогрупам (рН 5,5–7,1 на чорноземах типових). Спостерігається певна відмінність екологічної амплітуди у різних синтаксонах. Фітоценози синтаксонів 2 та 4 зростають при дещо менших значеннях фактора Rc, ніж 1 і 3, що корелює з показниками Hd; 5 має найширшу амплітуду Rc.

Ценози класу *Festuco-Brometea* в заповіднику формуються в інтервалі показника сольового режиму (Sl) 7,56–8,71 балів. Це відповідає евтрофним та семіевтрофним екогрупам на чорноземах і чорноземах підзолистих. Фітоценози синтаксонів 3, 4 та 5 мають дуже близькі амплітуди Sl, що відповідають переважно евтрофам; 1 — має дещо вужчу амплітуду, 2 — амплітуду, зміщену в бік семіевтрофів, що свідчить про наявність процесів вилуговування та корелює з показником Hd.

Для угруповань класу *Festuco-Brometea* в заповіднику характерний інтервал показника вмісту карбонатів (Ca) 7,18–8,81 балів. Це відповідає акарбонатофільним та гемікарбонатофільним екогрупам. Синтаксони на діаграмі мало відрізняються за цим показником, їхні медіани майже збігаються. Екологічна амплітуда фітоценозів синтаксонів 4 і 5 більша, а 1–3 менша за цим фактором.

Для фітоценозів класу *Festuco-Brometea* в заповіднику характерний інтервал показника вмісту ґрунтового азоту (Nt) 4,97–6,44 балів, що загалом відповідає гемінітрофільній екогрупі. Фітоценози синтаксону 3 тяжіють до найменш нітрофільних умов (4,97–5,97 балів), а 5 — до найбільш нітрофільних (5,24–6,44 балів).

Угруповання класу *Festuco-Brometea* в заповіднику формуються в інтервалі показника вологості клімату (Om) 11,22–12,22 балів, що відповідає субаридофільним екогрупам з певним зміщенням у бік субомброфільних. Амплітуда Om у фітоценозів синтаксону 3 повністю перебуває в межах субаридофітів (10,95–11,81 балів), а фітоценози синтаксону 2 найбільше зміщені в бік субомброфітів, у т. ч. його медіана, що в цілому корелює з показниками Hd. Решта синтаксонів займає проміжне положення.

Ценози класу *Festuco-Brometea* в заповіднику формуються в інтервалі показника флуктуацій рівня зволоження (fH) 5,77–7,23 балів, що відповідає переважно гемігідроконтрастофільним екогрупам. Відмінності між положенням медіан нерізкі, однак виражена різниця в широті екологічної амплітуди fH у різних кластерах. Вона дещо ширша у кластерах 1 та 5 і вужча у 2–4.

Для фітоценозів класу *Festuco-Brometea* в заповіднику характерний інтервал показника терморежиму клімату (Tm) 8,19–9,31 балів, що відповідає субмезотермним екогрупам. Фітоценози синтаксонів 2 та 5 мають подібну амплітуду за цим фактором, 3 та 4 — дещо вужчу, а 1 — ширшу.

За показником континентальності клімату угруповання *Festuco-Brometea* в заповіднику формуються в інтервалі 8,07–9,83 балів, що відповідає геміконтинентальним екогрупам. Амплітуда цього фактора у різних синтаксонів варіює.

Угруповання класу *Festuco-Brometea* в заповіднику формуються в інтервалі показника кріорежиму клімату (Cr) 7,26–8,80 балів, що відповідає субкріофільним і гемікріофільним екогрупам. Амплітуда цього фактора у різних синтаксонів варіює, найвужча у синтаксона 2.

Фітоценози класу *Festuco-Brometea* в заповіднику перебувають в межах інтервалу 7,24 – 7,63 балів за рівнем освітленості (Lc), що відповідає геліофільним екогрупам. Фітоценози синтаксону 2 менш світлолюбні порівняно з іншими.

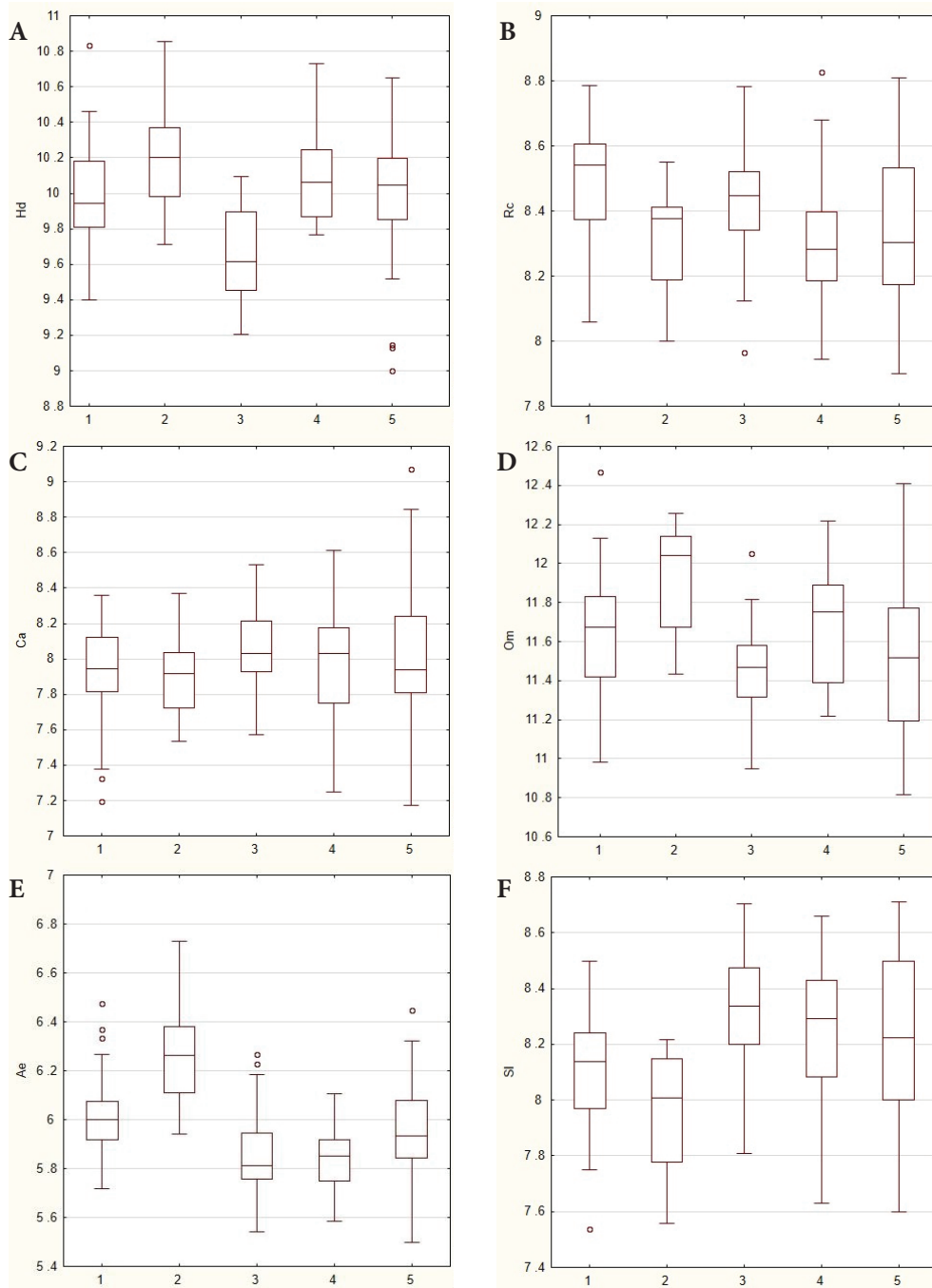
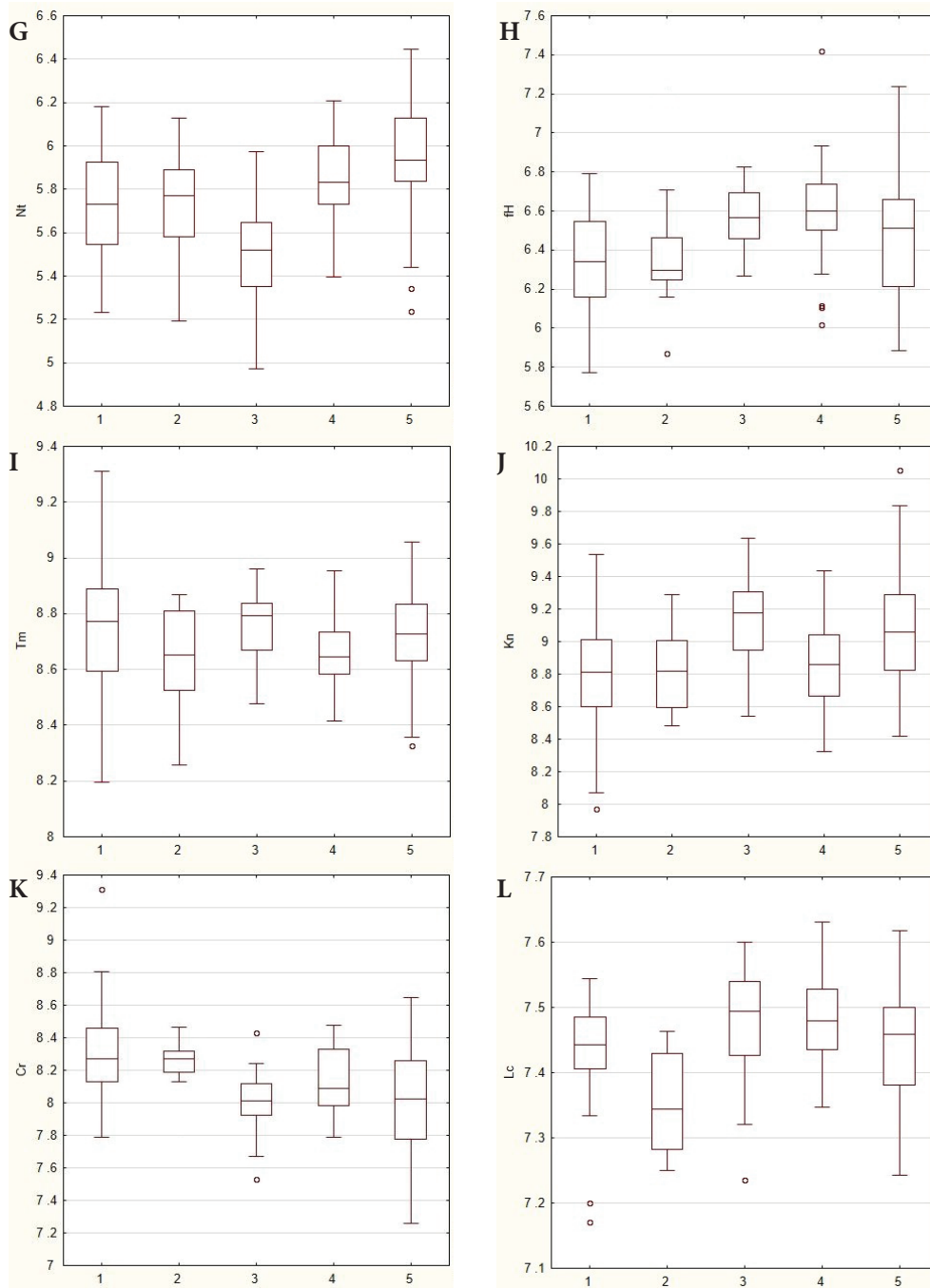


Рис. 3. Розподіл синтаксонів класу *Festuco-Brometea* за екологічними факторами: вологістю ґрунту (А), рівнем ґрунтової кислотності (В), вмістом карбонатів (С), омброрежимом клімату (D), рівнем ґрунтової аерації (Е), сольовим режимом ґрунту (F), вмістом ґрунтового азоту (G), флуктуаціями рівня зволоження (H), терморежимом клімату (I), континентальністю клімату (J), криорежимом клімату (K), за рівнем освітленості (L)

Fig. 3. Distribution of the syntaxa of the class *Festuco-Brometea* according to ecological factors: soil humidity (A), soil acidity (B), carbonate content in soil (C), climate humidity (ombroregime) (D), soil aeration (E), salt regime (F), nitrogen content in soil (G), dampng variability (H), thermal climate (I), climate continentality (J), cryoclimate (K), light (L)



На осі абсцис вказані номери синтаксонів: 1 — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi*, 2 — *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri*, 3 — *Carici humilis-Stipetum capillatae*, 4 — *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Euphorbia semivillosa*, 5 — *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Vincetoxicum hirundinaria*. На осі ординат вказані значення екологічного фактора (умовні позначення аналогічні до рис. 2)

Numbers on the abscissa axis correspond to the numbers of syntaxa (see above). The values of ecological factors are indicated on the ordinate axis (the symbols correspond to those in Fig. 2)

Висновки

Рослинність класу *Festuco-Brometea* в природному заповіднику "Михайлівська цілина" характеризується невисоким ценотичним різноманіттям. Виявлено лише 3 асоціації даного класу, що представлені 2-ма субасоціаціями та 2-ма варіантами. Усі зазначені угруповання мають певний ступінь мезофітизації, що виражається складом домінантів, представлених кореневищними злаками (*Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigeios*, *Elytrigia repens*), чагарниками (*Chamaecytisus ruthenicus*) та різнотрав'ям (*Euphorbia semivillosa*). Ксерофітні види, характерні для даних асоціацій, мають високу константність, однак рідко домінують, що свідчить про їхнє поступове заміщення мезофітними кореневищно-злаковими та різнотравними угрупованнями, характерними для абсолютно заповідного степу. Найменш мезофітизовані угруповання *Carici humilis-Stipetum capillatae* та *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae knautietosum arvensi* поширені переважно на викошуваних протипожежних смугах. Більш мезофітизовані угруповання *Salvio pratensis-Poetum angustifoliae primuletosum veri*, *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Euphorbia semivillosa* та *Carici humilis-Stipetum pennatae* var. *Vincetoxicum hirundinaria* є характерними для території раніше викошуваного степу (що не викошується протягом 11 років).

Виявлений в результаті ординаційного аналізу синтаксонів екологічний градієнт показує, що степові угруповання заповідника віддають перевагу сухим, помірно збагаченим ґрунтовим

азотом, добре аерованим місцезростанням з достатнім вмістом солей. Зі збільшенням ґрунтової вологості, зростанням вмісту мінерального азоту, зменшенням вмісту солей, зниженням ґрунтової аерації зростає і ступінь мезофітизації рослинності, а отже і ступінь її віддаленості від еталонного степового стану. Ключовими екологічними факторами за результатами ординаційного аналізу вважаємо вологість ґрунту (Hd), ґрунтову аерацію (Ae), рівень ґрунтового азоту (Nt) та сольовий режим ґрунту (Sl). В сучасних умовах заповідника на їхній рівень впливають наступні чинники: наявність/відсутність викошування, товщина шару мертвого покриву, мезо- і мікрорельєф, крутизна та експозиція схилів.

Підтверджена неефективність існуючого стану невикосування, що сприяє процесу мезофітизації рослинного покриву і перешкоджає збереженню степової рослинності. При цьому режимне викошування не усуває мезофітизацію рослинного покриву повністю, а лише значно її сповільнює. Про це свідчать зрушення показників вологості ґрунту на викошуваних протипожежних смугах за 95 років заповідності.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автор повідомляє про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

М.С. Ларіонов:  <https://orcid.org/0000-0001-7710-4527>

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Andriyenko T.L., Perehrym M.M. 2012. *Official lists of regional rare plants of administrative territories of Ukraine (reference book)*. Kyiv: Alterpress, 148 pp. [Андрієнко Т.Л., Перегрим М.М. 2012. *Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання)*. Київ: Альтерпрес, 148 с.].
- Berezhna I.O. 2019. Estimation of the impact of climatic conditions on the steppe ecosystems (using Nature Reserve "Mykhailivska Tsilyna" as an example). *Biosphere Reserve "Askania Nova" Reports*, 21: 411–413. [Бережна І.О. 2019. Оцінка впливу кліматичних умов на степові екосистеми (на прикладі природного заповідника "Михайлівська цілина"). *Вісник Біосферного заповідника "Асканія-Нова"*, 21: 411–413].
- Bezrodnova O.V., Loza I.M. 2006. Agrochemical characteristics of soils in Nature Reserve "Mykhailivska Tsilyna" (Sumy Region). *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 14(1): 7–11. [Безроднова О.В., Лоза І.М. Агрохімічна характеристика ґрунтів заповідника "Михайлівська цілина" (Сумська область). *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*, 14(1): 7–11].
- Bilyk H.I. 1957. Vegetation of Mykhailivska virgin steppe reservation and its alteration under the influence of human economic activity. *Ukrainian Botanical Journal*, 14(4): 26–39. [Білик Г.І. 1957. Рослинність заповідника "Михайлівська цілина" та її зміни під впливом господарської діяльності людини. *Український ботанічний журнал*, 14(4): 26–39].

- Bilyk H.I., Tkachenko V.S. 1972. Modern state of vegetative cover of the reservation Mykhailivska Tsilyna in Sumy Region. *Ukrainian Botanical Journal*, 29(6): 696–702. [Білик Г.І., Ткаченко В.С. 1972. Сучасний стан рослинного покриву заповідника "Михайлівська цілина" на Сумщині. *Український ботанічний журнал*, 29(6): 696–702.]
- Chytrý M., Tichý L. 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: A statistical revision. *Folia Facultatis Scientiarum Universitatis Masarykianae Brunensis. Biologia*, 108: 1–231.
- Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z. 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 13: 79–90. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02025.x>
- Didukh Ya.P. 2011. *The ecological scales for the species of the Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre, 176 pp.
- Dubyna D.V., Dziuba T.P., Iemeljanova S.M., Bagrikova N.O., Borysova O.V., Borsukevych L.M., Vynokurov D.S., Gapon S.V., Gapon Yu.V., Davydov D.A., Dvoretzkyi T.V., Didukh Ya.P., Zhmud O.I., Kozyr M.S., Konishchuk V.V., Kuzemko A.A., Pashkevych N.A., Ryff L.E., Solomakha V.A., Felbaba-Klushyna L.M., Fitsailo T.V., Chorna H.A., Chorney I.I., Shelyag-Sosonko Yu.R., Iakushenko D.M. 2019. *Prodrome of the Vegetation of Ukraine*. Eds. D.V. Dubyna, T.P. Dziuba. Kyiv: Naukova Dumka, 782 pp. [Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М., Багрикова Н.О., Борисова О.В., Борсукевич Л.М., Винокуров Д.С., Гапон С.В., Гапон Ю.В., Давидов Д.А., Дворецкий Т.В., Дідух Я.П., Жмуд О.І., Козир М.С., Конішчук В.В., Куземко А.А., Пашкевич Н.А., Рифф Л.Е., Соломаха В.А., Фельбаба-Клушина Л.М., Фіцайло Т.В., Чорна Г.А., Чорней І.І., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Якушенко Д.М. 2019. *Продромус рослинності України*. Відп. ред. Д.В. Дубина, Т.П. Дзюба. Київ: Наукова думка, 782 с.]
- Hennekens S. 2017. *Turboveg for Windows: Manual. Version 2*. Available at: <https://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg/tvwin.pdf> (Accessed 7 February 2024).
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J. 2001. TURBOVEG, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 12(4): 589–591.
- Hetman V.I. 2018. Mykhailivska Tsilyna. In: *Encyclopedia of modern Ukraine*. Eds: I.M. Dzyuba et al. Kyiv: Institute of Encyclopedic Research NAS of Ukraine. Available at: <https://esu.com.ua/article-64822> (Accessed 15 August 2023). [Гетьман В.І. 2018. Михайлівська цілина. В кн.: *Енциклопедія Сучасної України*. Ред. І.М. Дзюба та ін. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України].
- Hill M.O., Gauch H. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio*, 42: 47–58. <https://doi.org/10.1007/BF00048870>
- Honcharenko I.V. 2000. Steppe vegetation of the north-eastern part of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine and its analysis. *Ukrainian Botanical Journal*, 57(3): 257–264. [Гончаренко І.В. 2000. Степова рослинність північно-східної частини Лівобережного Лісостепу України та її аналіз. *Український ботанічний журнал*, 57(3): 257–264].
- Honcharenko I.V. 2017. *Phytoindication of anthropogenic factor*. Dnipro: Seredniak T.K., 127 pp. [Гончаренко І.В. 2017. *Фітоіндикація антропогенного навантаження*. Дніпро: Середняк Т.К., 127 с.]
- Larionov M. 2023. Peculiarities of functioning, problems and perspectives of the Nature Reserve Mykhailivska Tsilyna development: botanical aspect. In: *Objects of the nature reserve fund of Ukraine: current state and ways to ensure their effective operation: Proceedings of All-Ukrainian Scientific and Practical Conference*. Slavuta, pp. 40–45. [Ларіонов М. 2023. Особливості функціонування, проблеми та перспективи розвитку природного заповідника "Михайлівська цілина": ботанічний аспект. В зб.: *Об'єкти природно-заповідного фонду України: сучасний стан та шляхи забезпечення ефективної їх діяльності: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*. (м. Славута, 3–4 серпня 2023 р.). Славута, с. 40–45]. <https://doi.org/10.61584/3-4-08-2023-7>
- Larionov M.S. 2022. Vegetation cover of the Nature Reserve Mykhailivska Tsilyna: research history and present condition. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*, 2: 53–65. [Ларіонов М.С. 2022. Рослинний покрив природного заповідника "Михайлівська цілина": історія досліджень та сучасний стан. *Вісник Черкаського університету: Серія біологічні науки*, 2: 53–65]. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2022-2-53-65>
- Larionov M.S. 2023. Rare plant communities of the Nature Reserve Mykhailivska Tsilyna: modern state and actual tasks of their protection. In: *Ethnobotanical Traditions in Agronomy, Pharmacy and Garden Design: Proceedings of VI International Scientific Conference*. Uman, pp. 180–187. [Ларіонов М.С. 2023. Раритетні угруповання природного заповідника "Михайлівська цілина": сучасний стан та актуальні завдання охорони. *Етноботанічні традиції в агрономії фармації та садовому дизайні: матер. VI міжнародної наукової конференції*, (м. Умань, 5–8 липня 2023 р.). Умань, с. 180–187].
- Lavrenko Ye., Zoz I. 1928. Vegetation of Mykhailivskiy horse factory (former Kapnist's), Sumy Region. *Protection of Natural Monuments of Ukraine*, 2: 23–35. [Лавренко Є., Зоз І. 1928. Рослинність цілини Михайлівського кінного заводу (кол. Капніста), Сумської округи. *Охорона пам'яток природи на Україні*, 2: 23–35].
- Lysenko G.N., Korotchenko I.A. 2006. Syntaxonomic changes in the plant cover of meadow steppe in the "Mikhailovskaya Tselina" reserve (Sumy Region, Ukraine). *Vegetation of Russia*, 9: 43–57. [Лысенко Г.Н., Коротченко И.А. 2006. Синтаксономические изменения растительного покрова луговой степи заповедника "Михайловская целина" (Сумская область, Украина). *Растительность России*, 9: 43–57].
- Lysenko H.M. 2004. Ecological specifications of plant communities of meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna". *Scientific Principles of Biodiversity Conservation*, 6: 107–111. [Лисенко Г.М. 2004. Екологічні особливості рослинних угруповань лучного степу "Михайлівська цілина". *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 6: 107–111].

- Lysenko H.M. 2009. A comparative synphytoindication estimation of meadow steppe ecotopes of "Mykhailivska Tsilyna" and "Striletskyi Step". *Problems of Ecology and Nature Conservation of Technogenic Region*, 1(9): 57–66. [Лисенко Г.М. 2009. Порівняльна синфітоіндикаційна оцінка екотопів лучних степів "Михайлівської цілини" та "Стрілецького степу". *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*, 1(9): 57–66].
- Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. 2001. *Sovremennaya nauka o rastitelnosti*. Moscow: Logos, 264 pp. [Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. 2001. *Современная наука о растительности*. Москва: Логос, 264 с.].
- Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. 1999. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv, xxiii + 345 pp. <https://doi.org/10.13140/2.1.2985.0409>
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F.J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19(S1): 3–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- National Atlas of Ukraine*. 2007. Kyiv: DNVP Kartohrafiia, 435 pp. [Національний атлас України. 2007. Київ: ДНВП "Картографія", 435 с.].
- R Core Team. 2023. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/> (Accessed 04 January 2024).
- Roleček J., Tichý L., Zelený D., Chytrý M. 2009. Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 20: 596–602. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01062.x>
- Sarycheva Z.A. 1966. *Dynamics of vegetation cover of meadow steppes of northwest part of the Forest-steppe of Ukraine according to research in the reserve Mikhaylovskaya Tselina*. Cand. Sci. Diss. Kiev, Institute of Botany AS of Ukrainian SSR, 378 pp. (manuscript). [Сарычева З.А. 1966. *Динамика растительного покрова луговых степей северо-восточной части лесостепи Украины по исследованиям в заповеднике "Михайловская целина"*. Дисс. ... канд. биол. наук. Киев, Институт ботаники АН УССР, 378 с. (рукопись)].
- Taliev V.I. 1918. Overview of the vegetation of Kharkov province. In: *Priroda i naselenie Slobodskoy Ukrainy. Kharkovskaya guberniya: Posobie po rodinovedeniyu*. Kharkov, pp. 91–154. [Талиев В.И. 1918. Очерк растительности Харьковской губернии. В кн.: *Природа и население Слободской Украины. Харьковская губерния: Посobie по родиноведению*. Харьков, с. 91–154].
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13(3): 451–453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>
- Tkachenko V.S. 2005. Peculiarities of self-development of the meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna" in the areas with different regimes of preservation. *News of Biosphere Reserve "Askania Nova"*, 7: 18–31. [Ткаченко В.С. 2005. Особливості саморозвитку лучного степу "Михайлівська цілина" на різнорежимних ділянках охорони. *Вісті біосферного заповідника "Асканія-Нова"*, 7: 18–31.].
- Tkachenko V.S., Fitsaylo T.V. 2016. Structural changes in phytosystems of meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna" Reserve in the 20th and early 21st centuries. *News of Biosphere Reserve "Askania Nova"*, 18: 23–34. [Ткаченко В.С., Фіцайло Т.В. 2016. Структурні зміни фітосистем лучного степу "Михайлівська цілина" у XX і на початку XXI століть. *Вісті біосферного заповідника "Асканія-Нова"*, 18: 23–34.].
- Tkachenko V.S., Lysenko H.M. 2005. Synphytoindication of the after fire changes ecotopic characteristics of meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna" in Sumy Region (Ukraine). *Ukrainian Botanical Journal*, 62(4): 468–483. [Ткаченко В.С. Лисенко Г.М. 2005. Синфітоіндикація постпірогенних змін екотопічних характеристик лучного степу "Михайлівська цілина" на Сумщині (Україна). *Український ботанічний журнал*, 62(4): 468–483.].
- Tkachenko V.S., Henov A.P., Lysenko H.M. 1993a. Vegetation structure of the steppe Reserve "Mykhailivska Tsilyna" (Ukraine) based on the data of large-scale mapping in 1991. *Ukrainian Botanical Journal*, 50(4): 5–15. [Ткаченко В.С., Генів А.П., Лисенко Г.М. 1993а. Структура рослинності заповідного степу "Михайлівська цілина" (Україна) за даними великомасштабного картування 1991 р. *Український ботанічний журнал*, 50(4): 5–15.].
- Tkachenko V.S., Lysenko H.M., Vakal A.P. 1993b. Changes in ecotopes of the meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna" (Sumy Region, Ukraine) in the course of reservation succession. *Ukrainian Botanical Journal*, 50(3): 41–51. [Ткаченко В.С., Лисенко Г.М., Вакал А.П. 1993б. Зміни екотопів лучного степу "Михайлівської цілини" (Сумська область, Україна) в ході резерватної сукцесії. *Український ботанічний журнал*, 50(3): 44–51.].
- Tkachenko V.S., Henov A.P., Lysenko H.M. 2003. Structural changes of the plant cover of the reserved meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna" according to large-scale mapping in 2001. *News of Biosphere Reserve "Askania Nova"*, 5: 7–17. [Ткаченко В.С., Генів А.П., Лисенко Г.М. 2003. Структурні зміни в рослинному покриві заповідного лучного степу "Михайлівська цілина" за даними великомасштабного картування у 2001 році. *Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова"*, 5: 7–17.].
- Tkachenko V.S., Movchan Ya.I., Solomakha V.A. 1987. Analysis of syntaxonomic changes in plant cover of the "Mykhailivska Tsilyna" Reserve. *Ukrainian Botanical Journal*, 44 (2): 65–73. [Ткаченко В.С., Мовчан Я.І., Соломаха В.А. 1987. Ана-

- ліз синтаксономічних змін лучних степів заповідника "Михайлівська цілина". *Український ботанічний журнал*, 44(2): 65–73].
- Tkachenko V.S., Parakhonska N.O., Sheremet L.H. 1984. Dynamics of the vegetation cover structure of the Reserve "Mykhailivska Tsilyna". *Ukrainian Botanical Journal*, 41(3): 71–74. [Ткаченко В.С., Парахонська Н.О., Шеремет Л.Г. 1984. Динаміка структури рослинного покриву заповідника "Михайлівська цілина". *Український ботанічний журнал*, 41(3): 71–74].
- Vasylyuk O., Borysenko K., Kuzemko A., Marushchak O., Tyestov P., Hrynyk Ye. 2019. *Proektuvannya i zberezhennya terytoriy merezhi Emerald (Smarahdovoi merezhi). Metodichni materialy*. Kyiv: LAT & K, 78 pp. [Васильюк О., Борисенко К., Куземко А., Марущак О., Тестов П., Гриник Є. 2019. *Проектування і збереження територій мережі Емеральд (Смарагдової мережі). Методичні матеріали*. Київ: LAT & K, 78 с.]
- Whittaker R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(1/3): 213–251. <https://doi.org/10.2307/1218190>
- Zelený D., Tichý L. 2009. Linking JUICE and R: New developments in visualization of unconstrained ordination analysis. In: *18th Workshop of European Vegetation Survey in Rome*. Roma: La Sapienza Univerzita, p. 123.
- Zoz I.H. 1933. Vegetation of Mykhailivska Tsilyna in Sumy Region. *Journal du cycle Botanique de l'Académie des Sciences d'Ukraine [Ukrainian Botanical Journal]*, 5–6: 157–165. [Зоз І.Г. 1933. Рослинність Михайлівської цілини на Сумщині. *Журнал біоботанічного циклу ВУАН*, 5–6: 157–165].

Syntaxonomy and ecological differentiation of vegetation of the class *Festuco-Brometea* in Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve

M.S. LARIONOV

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

Abstract. The article is devoted to syntaxonomy and synphytoindication of steppe vegetation in Mykhailivska Tsilyna Nature Reserve (Sumy Region). Based on phytosociological materials collected in 2021–2022 and literature data, changes of steppe vegetation in the reserve over the past ten years have been analyzed. The plant communities of the class *Festuco-Brometea* were identified as two subassociations and two variants in three associations, belonging to one alliance and one order. The article provides characteristics of the syntaxa, their ecological requirements, synphytoindication indexes, and results of DCA-ordination of the obtained indexes of ecological factors. It has been found that the main ecological gradients affecting ecological and territorial differentiation of the syntaxa are the soil humidity, nitrogen content in soil, soil aeration, and total salt regime. During the study, an increasing mesophytization of the steppe vegetation was observed, caused by the absence of mowing on the territories that formerly were under the constant mowing regime.


Keywords: ordination, steppe vegetation, synphytoindication, syntaxonomy, Ukraine



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.036>

RESEARCH ARTICLE

Перша знахідка *Arrhenia chlorocyanea* (Hygrophoraceae) в Україні

Микола П. ПРИДЮК ^{1*} , Ніна В. САФІНА ²

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

² вул. Кленова 52/3, смт Ворзель 08296,
Бучанський р-н, Київська область, Україна

* Автор для листування: prydiuk@gmail.com

Реферат. Подано відомості про першу знахідку в Україні виду *Arrhenia chlorocyanea* (Hygrophoraceae). Цей вид є рідкісним у Європі, або ж таким, що часто залишається поза увагою дослідників. У статті наведено повний опис плодових тіл і деталей їхньої мікроскопічної будови. Подано дані щодо особливостей місцезростань і загального поширення цього гриба. Стаття проілюстрована оригінальними світлинами і рисунками.

Ключові слова: Європа, мохи, рідкісні види, Україна, Agaricales

Вступ

Восени 2022 р. на території Київської області був виявлений цікавий гриб, пізніше ідентифікований як представник роду *Arrhenia* Fr. Цей рід нараховує у світі близько 25 видів, розповсюджених переважно у регіонах з помірним кліматом (Kirk et al., 2008). Для грибів цього роду характерні здебільшого омфаліноїдні плодові тіла (тонком'ясисті, з більш-менш увігнутою шапінкою та досить рідкими пластинками, що спускаються на ніжку). Саме такі омфаліноїдні карпофори мала наша знахідка. Крім того, у межах роду відомі й види зі спрощеними плодовими тілами, зокрема з боковими або повністю відсутніми ніжками та редукованим (венозним

або взагалі практично гладеньким) гіменофором (Elborne, 2012). Донедавна на території України було зареєстровано 10 видів цього роду (Chvilkov, Prylutskyi, 2020). Виявлений нами зразок був зрештою ідентифікований як *Arrhenia chlorocyanea* (Pat.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys і виявився новим для нашої країни, а отже представляє одинадцятий вид роду *Arrhenia* в Україні. Нижче наведена докладніша інформація про зовнішній вигляд, місцезнаходження та розповсюдження *Arrhenia chlorocyanea*.

Матеріали та методи

Форму і розміри плодових тіл описували на прикладі свіжих екземплярів. Деталі мікроскопічної

ARTICLE HISTORY. Submitted 03 May 2023. Revised 19 June 2023. Published 23 February 2024

CITATION. Prydiuk M.P., Safina N.V. 2024. The first record of *Arrhenia chlorocyanea* (Hygrophoraceae) in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(1): 36–39. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.036>

© 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/>)

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

У статті використані такі умовні позначення: ав. L — середня довжина спори; ав. В — 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); ав. Q — середнє значення квотієнта. Для всіх значень (довжина, ширина і квотієнт) розраховували також величину стандартного відхилення (цифра після знаку ±). Для розрахунків використовували програму Microsoft Excel 2003. Зразки карпофорів, описаних у статті, зберігаються в Національному гербарію Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW-M).

Результати та обговорення

Уперше знайдений нами вид був описаний як представник роду *Agaricus* L. (Patouillard, 1885). Пізніше його розглядали у складі родів *Omphalia* (Fr.) Gray та *Omphalina* Quéél., проте зрештою віднесли до роду *Arrhenia* (Redhead et al., 2002). Гриб належить до еколого-трофічної групи бріотрофів, як і значна частина представників цього роду (Elborne, 2012).

***Arrhenia chlorocyanea* (Pat.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys**, Mycotaxon 83: 46. 2002. — Рис. 1.

Agaricus chlorocyaneus Pat., Tab. analyt. Fung. (Paris) 1(4): 145. 1885. — *Omphalia chlorocyanea* (Pat.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 336. 1887. — *Omphalina chlorocyanea* (Pat.) Singer, Lilloa 23: 212. 1952 [1950]. — *Agaricus umbellifer* var. *viridis* Hornem., Fl. Danic. 10(28): 10. 1819. — *Omphalina umbellifera* var. *viridis* (Hornem.) Quéél., Enchir. fung. (Paris): 44. 1886. — *Omphalia umbellifera* var. *viridis* (Hornem.) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 5: 322. 1887. — *Omphalia viridis* (Hornem.) J.E. Lange, Dansk bot. Ark. 6(no. 5): 12. 1930. — *Omphalia umbellifera* f. *viridis* (Hornem.) Sejv, Atlas Champ. l'Europe, IV, Omphalia (Praha): 43. 1936. — *Omphalina viridis* (Hornem.) Kuiper, Persoonia 12(2): 188. 1984. — *Agaricus umbellifer* var. *chalybaeus* Nisessl, Verh. nat. Ver. Brünn 3: 123. 1865.

Плодові тіла омфаліноідні. Шапінка 0,5–2,0 см діаметром, спочатку опукло розпростерта з маленьким горбиком у центрі, згодом розпростерта з виямкою в центрі до ввігнуто-розпростертої, гладенька, в центрі злегка зернисто-зморшкувата, злегка гідрофанна, прозора-смуриста до половини радіусу, сира сірувато-зелена із синюватим відтінком, у центрі темніша, до темно-синювато-зеленої або чорнувато-зеленої, після підсихання світлішає до жовтувато-коричневої. Пластинки дуже рідкі (L = 14–18, l = 0–1), тонкі, іноді роздвоєні, спускаються на ніжку, білуваті з зеленуватим відтінком, згодом блідо-зеленувато- або синювато-сірі. Ніжка 0,7–2,5(–3,0) × 0,1–0,2 см, циліндрична, нерідко дещо звужується донизу, гладенька, темно-синювато- або сірувато-зелена. М'якоть тонка, сірувато-зелена, без особливого запаху та смаку.

Спори розміром (7,0–)8,0–9,5(–11,5) × (4,5–)5,0–5,5(–6,5) мкм, Q = 1,27–2,00, ав. L = 9,0 ± 1,03 мкм, ав. В = 5,5 ± 0,54 мкм, ав. Q = 1,63 ± 0,17, гладенькі, яйцеподібні, краплеподібні, еліпсоїдоподібні, видовженоеліпсоїдоподібні та видовженокраплеподібні до майже циліндрично-еліпсоїдоподібних, тонкостінні, безбарвні, неамілоїдні. Базидії 19,0–24,0 × 6,5–8,0 мкм, 4-спорові. Цистиди відсутні. Кутикула шапинки утворена паралельними поверхні гіфами 5,0–8,0 мкм завтовшки, останні нерідко досить товстостіні, зовні зернисті через гранули пігменту. Пряжки є в усіх тканинах.

Трапляється поодинокі або невеличкими групами на піщаних ґрунтах серед мохів. Переважно на луках, узбіччях лісових доріг, галявинах та узліссях. Ймовірно, рідкісний в Україні, поки що зареєстрований в єдиному локалітеті. Карпофори виявлені в листопаді.

Досліджений зразок. Київська обл., Бучанський р-н, околиці смт Ворзель, покинуте поле, заросле молодими соснами, на ґрунті серед зелених мохів, N 50°33'09.8", E 30°08'44.8", 12.11.2022 (KW-M71532), зібр. Н.В. Сафіна.

Загальне поширення. Європа: Австрія, Велика Британія, Данія, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Україна, Фінляндія, Франція, Швеція. Північна Америка: Гренландія, Канада, США. Австралазія: Австралія (GBIF.org 2023: <https://doi.org/10.15468/dl.g8djxc>).

Розпізнати *Arrhenia chlorocyanea* досить легко завдяки синювато-зеленому забарвленню

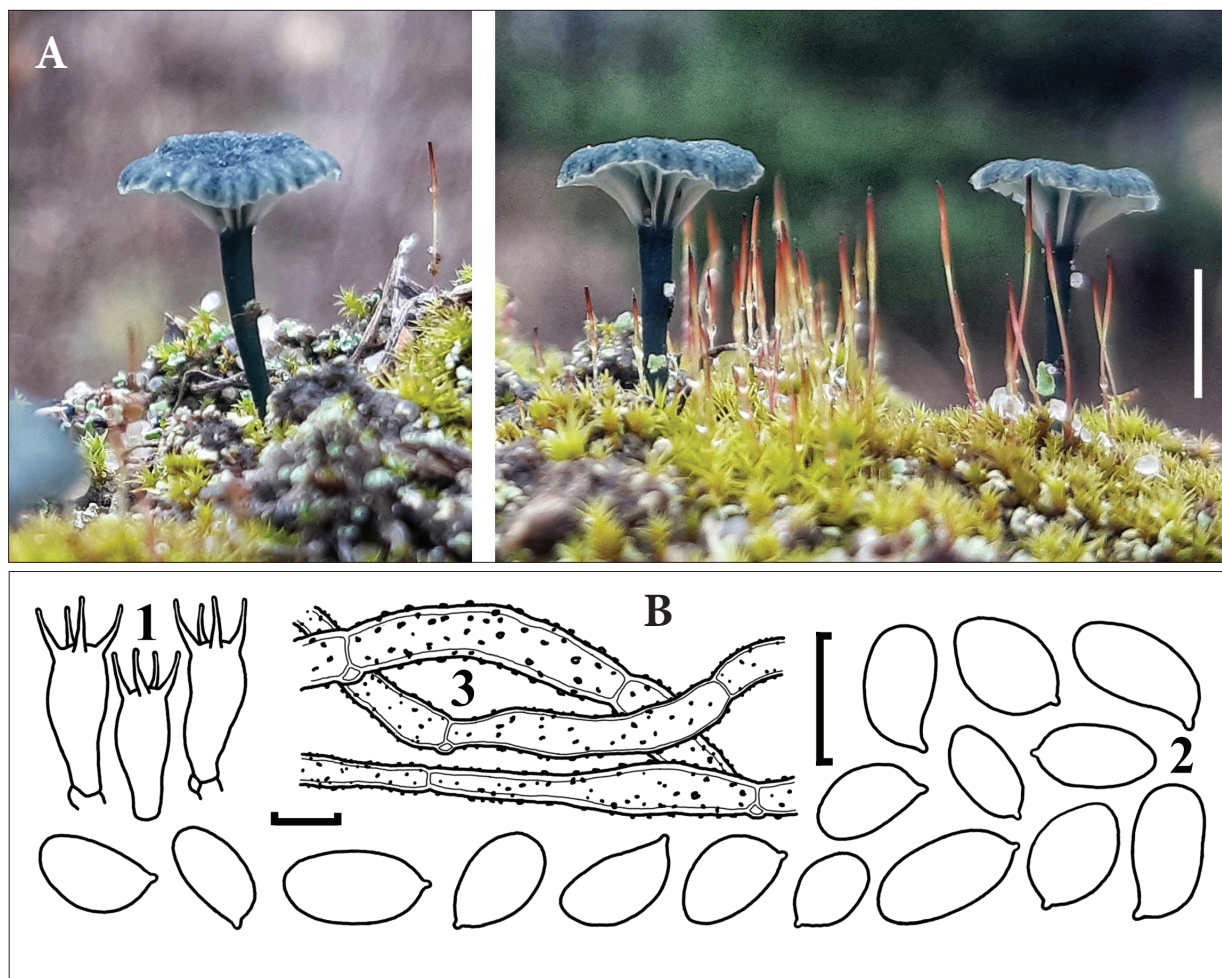


Рис. 1. Макро- та мікроскопічні ознаки *Arrhenia chlorocyanea* (KW-M71532). А: плодові тіла; В: мікроскопічні ознаки (1 — базидії, 2 — спори, 3 — гіфи кутикули шапинки). Масштабна шкала: 1 см для плодових тіл, 10 мкм для мікроскопичної структури

Fig. 1. Macro- and microscopic features of *Arrhenia chlorocyanea* (KW-M71532). A: fruit bodies; B: microscopic features (1 — basidia, 2 — spores, 3 — hyphae of pileipellis). Bars: 1 cm for fruit bodies, 10 μm for microstructures

плодових тіл, унікальному серед європейських представників роду. В цілому ж вона має типові для більшості видів роду *Arrhenia* омфаліноїдні карпофори з центральною ніжкою та добре розвиненим пластинчастим гіменофором. За мікроскопічними характеристиками цей вид нічим особливо не вирізняється серед решти. Наприклад, спори схожих розмірів і форми мають *Arrhenia epichysium* (Pers.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys і *A. rickenii* (Hora) Watling, які, щоправда, мають сіро-коричневі плодові тіла (Elborne, 2012). Будова кутикули шапинки

також цілком звичайна для вказаного роду. Загалом знайдені нами плодові тіла як за зовнішніми, так і за мікроскопічними ознаками добре відповідають діагнозу *Arrhenia chlorocyanea* (Elborne, 2012).

Висновок

Представники роду *Arrhenia*, хоча й часто наводились у різноманітних загальних списках видів, практично ніколи не привертати спеціальної уваги українських мікологів. Як наслідок,

їхній видовий склад в Україні все ще вкрай недостатньо і фрагментарно досліджений, про що свідчить і знахідка нового для нашої країни виду цього роду поблизу Києва. Існує велика ймовірність, що надалі вдасться виявити й інших представників цього роду як неподалік Києва, так і в цілому в Україні. Більш того, зважаючи на субстратну приуроченість багатьох видів роду *Arrhenia* до мохів, які часто першими заселяють різні антропогенно порушені ділянки, нових цікавих знахідок цього роду можна

очікувати навіть безпосередньо з міських територій.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

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

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Chvikov V., Prylutskyi O. 2020. Annotated checklist of *Hygrophoraceae* (*Agaricales*, *Basidiomycota*) of Ukraine. *Biodiversity, Ecology and Experimental Biology*, (2): 6–23.
- Elborne S.A. 2012. *Arrhenia* Fr. In: *Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera*. Eds. H. Knudsen, J. Vesterholt. Copenhagen: Nordsvamp, pp. 252–260.
- GBIF.org 2023. *Arrhenia chlorocyanea* (Pat.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.g8djxc> (Accessed 9 June 2023).
- Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. 2008. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th ed. Wallingford: CAB International, 771 pp.
- Patouillard N.T. 1885. *Tabulae analyticae fungorum: descriptions et analyses microscopiques des champignons nouveaux, rares ou critiques*. Sér. 1. Fasc. 4. Paris: Poligny, pp. 137–180. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.148620>
- Redhead S.A., Lutzoni F., Moncalvo J.-M., Vilgalys R. 2002. Phylogeny of agarics: Partial systematics solutions for core omphalinoid genera in the *Agaricales* (euagarics). *Mycotaxon*, 83: 19–57.

The first record of *Arrhenia chlorocyanea* (*Hygrophoraceae*) in Ukraine

M.P. PRYDIUK¹, N.V. SAFINA²

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

² 52/3 Klenova Str., Vorzel 08296, Bucha District, Kyiv Region, Ukraine

Abstract. The first record in Ukraine of *Arrhenia chlorocyanea* (*Hygrophoraceae*) is reported. The species is rather rare, or mostly overlooked, in Europe. A complete description of the fruit bodies and details of their microscopic structure is provided. In addition, information on the habitats and worldwide distribution of the species is presented. The article is illustrated with original photos and drawings of the fungus.

Keywords: *Agaricales*, Europe, mosses, rare species, Ukraine



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.040>

RESEARCH ARTICLE

Wolffia globosa (Araceae s. l. / Lemnaceae s. str.) — новий водний адвентивний вид флори України

Наталія М. ШИЯН^{1*} , Олександр О. ОРЛОВ² , Дмитро М. ЯКУШЕНКО^{3,4} 

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

² ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України",
просп. Академіка Палладіна 34а, Київ 03142, Україна

³ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського 2, Чернівці 58012, Україна

⁴ Зеленогурський університет,
вул. З. Шафрана 1, Зелена Гура 65-516, Польща

* Автор для листування: herbarium_kw@ukr.net

Реферат. *Wolffia globosa* у Європі було вперше знайдено у 2002 р. на території РФ, а не Болгарії, як вважалося раніше. Протягом останніх 20 років вид розширює вторинний ареал і станом на 2023 р. вже відомий із семи європейських країн. В Україні *W. globosa* вперше знайдено у 2023 р. у двох локалітетах Житомирської області (Житомирське Полісся). Угруповання, в яких трапляється *W. globosa* в Україні, належать до асоціації *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* союзу *Lemnion minoris* порядку *Lemnetalia minoris* класу *Lemnetea*. У виявлених локалітетах *W. globosa* трапляється в евтрофних непроточних водоймах з глибиною 0,2–0,5 м та слабо проточних з глибиною 1,2–1,5 м; дно водойм було мулистим, із шаром мулу 5–20 см, освітлення — повним. У зв'язку з нинішніми тенденціями до потепління клімату зроблено прогноз про можливе подальше проникнення *W. globosa* до інших регіонів України.

Ключові слова: *Wolffia globosa*, адвентивний вид, біорізноманіття, Україна, флора

Вступ

Ряскові — високо спеціалізована до водного середовища група квіткових рослин, яку згідно з APG III (2009) / APG IV (2016) розглядають як підродину *Lemnoideae* Vab. родини *Araceae* Juss., в той час, як спеціалісти з цієї групи і дотепер

підтримують визнання окремої родини *Lemnaceae* Gray (Landolt, 1986, 2000; Les et al., 2002; Rothwell et al., 2004; Cabrera et al., 2008; Henriquez et al., 2014; Bog et al., 2019; Tippery et al., 2021; Ziegler et al., 2023; <https://www.mobot.org/mobot/research/apweb/>). Ряскові є найменшими за розмірами представниками покритонасінних

ARTICLE HISTORY. Submitted 23 October 2023. Revised 13 February 2024. Published 26 February 2024

CITATION. Shiyani N.M., Orlov O.O., Yakushenko 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. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.040>

© 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/>)

(*Angiospermae*), вони відсутні в Антарктиді, а на решті континентів поширені в більшості кліматичних поясів, за виключенням холодних полярних і високих гірських областей та сухих пустельних районів (Landolt, 2000; Bog et al., 2020). Ця порівняно нечисельна група рослин складається з 36(38) видів, розподілених між п'ятьма нині визнаними родами — *Spirodela* Schleid. (2 види), *Landoltia* Les & D.J. Crawford (1), *Lemna* L. (12(14)), *Wolffiella* Hegelm. (10) та *Wolffia* Horckel ex Schleid. (11) (Landolt, 2000; Les et al., 2002; Kimball et al., 2003; Bog et al., 2020; Ziegler et al., 2023). В Україні до недавнього часу ряскові були представлені 8 видами з трьох родів — *Spirodela* (1 вид), *Lemna* (6), *Wolffia* (1), причому три види (*Lemna minuta* Kunth, *L. turionifera* Landolt та *L. aequinoctialis* Welw.) є чужорідними, виявленими на території країни за останні 40 років (Visiulina, 1950; Dubyna, Protoporova, 1983; Mosyakin, Fedoronchuk, 1999; Orlov, Yakushenko, 2013; Fedoniuk et al., 2022).

Глобальні кліматичні тенденції в бік переважно потепління (Jacob et al., 2018), ймовірно, призвели до розширення ареалу низки американських (Am), азійських (As) та австралійських (Au) рясок за рахунок їхнього проникнення на території, далекі від їхніх природних ареалів. Так, наприклад, порівняно недавно до Європи потрапили *Lemna minuta* Kunth (Am), *L. obscura* (Austin) Daubs (Am), *L. perpusilla* Torr. (Am), *L. valdiviana* Philipi (Am), *Wolffia columbiana* H. Karst. (Am), *W. australiana* (Benth.) Hartog & Plas (Au), *W. globosa* (Roxb.) Hartog & Plas (As) (Sell, Murrell, 1996; Mesterhá et al., 2007; Banaszek, Musial, 2009; Misud, 2010; Iberite et al., 2011; Schmitz et al., 2014; Kirjakov, Velichkova, 2016; Feráková, Onderíková, 1998; Hendrickx, Verloove, 2019; Lecron et al., 2021; Niebler et al., 2021; Lansdown et al., 2022); на Близькому Сході були виявлені *Landoltia punctata* (G. Mey.) Les & Crawford (Am), *Lemna minuta* (Am) та *Wolffia globosa* (As) (Al-Mayah, Al-Saadi, 2013; Friedjung et al., 2022); у Північній Африці — *Lemna minuta* (Am) (El Mokni, Domina, 2020).

Серед видів, що проникли до Європи, *Wolffia columbiana* та *W. globosa* вважаються найбільш успішними колоністами (Schmitz et al., 2014; Hendrickx, Verloove, 2019; <https://www.verspreidingsatlas.nl/6975>). Зважаючи на особливості їхньої біології та сучасну динаміку поширення, поява цих видів на території України була

потенційно можлива. Особливо це стосується *W. globosa*, яка згідно до наявних літературних джерел та даних природодослідницьких інтернет-ресурсів, виявлена не лише в країнах Західної та Південної, але й Східної Європи (Beigel, 2020; Lecron et al., 2021; Niebler et al., 2021; Lansdown et al., 2022; Shcherbakov et al., 2022; Vávra et al., 2023; <https://www.inaturalist.org/observations/154904516>; <https://www.gbif.org/occurrence/1697431091>; <https://www.gbif.org/occurrence/2417030762>). Тому метою нашої роботи була спроба з'ясувати присутність цього виду у флорі України.

Матеріали та методи

Під час виконання дослідження були критично проаналізовані доступні гербарні матеріали щодо роду *Wolffia* колекцій KW, LW, LWS, LWKS, KWHA, KWHU. Протягом польового сезону 2023 р. проведено обстеження низки водно-болотних Житомирської, Київської, Львівської, Полтавської, Хмельницької, Чернівецької та Чернігівської областей з метою вивчення відомих та виявлення нових локалітетів водних та прибережно-водних угруповань з участю *Wolffia* sp. Відібраний в природі живий матеріал *Wolffia* sp. був перенесений в мініакваріуми для подальшого вивчення за стаціонарних умов. Вивчення морфології гербаризованих і живих рослин проводили за допомогою інвертованого мікроскопа XD-30 Ulab та мікроскопа Carl Zeiss Primo Star з подальшим фотографуванням. У пробі з кожного дослідженого локалітету вивчали морфологічні та морфометричні параметри 25 особин *Wolffia* sp. Морфометричні показники особин *Wolffia* sp. отримано за допомогою програми AxioVs40 V 4.8.2.0. Статистична обробка результатів проведена за Г.Ф. Лакіним (Lakin, 1980), для досліджуваних параметрів встановлено середнє арифметичне значення та його похибку. Всі досліджені матеріали *Wolffia* sp. визначали за ключем, запропонованим М. Vog, K.J. Appenroth і K.S. Sree (2020), та порівняльною таблицею зображень представників цього роду за J. Yang з колегами (Yang et al., 2021). Авторські гербарні збори 2023 р. видів роду *Wolffia* передано до колекції Національного гербарію України (KW).

Карту сучасного поширення *W. globosa* на території Європи створено з урахуванням

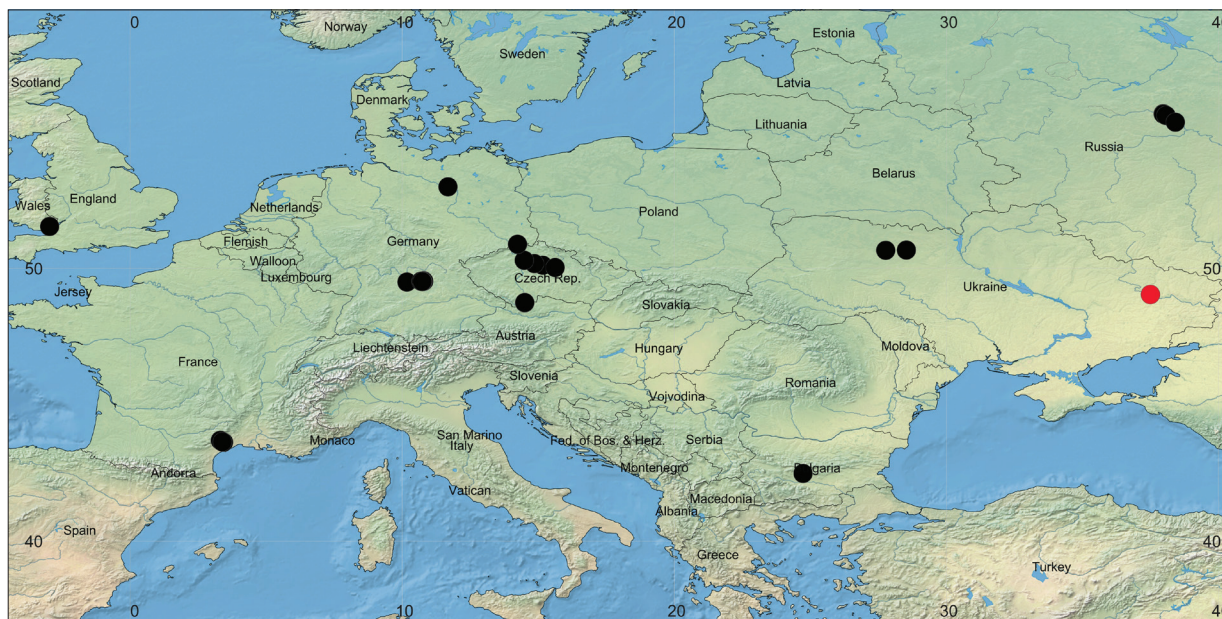


Рис. 1. Карта поширення *Wolffia globosa* в Європі станом на 2023 р.

Умовні позначення: ● — підтвержені дані; ● — дані, що потребують уточнення

Fig. 1. Map of distribution of *Wolffia globosa* in Europe as of 2023.

Notations: ● — confirmed data; ● — data requiring clarification

літературних, відкритих онлайн та власних даних, за допомогою онлайн інструменту для картування SimpleMappr (<https://www.simplemappr.net/>).

Закладку ділянок для геоботанічних описів водної рослинності виконано за загальноприйнятою методикою (Yunnatov, 1964). Геоботанічні описи виконані за Є. Лавренком (Lavrenko, 1959). Флористичний склад водних фітоценозів вивчали за А. Корчагіним (Korchagin, 1964).

Назви синтаксонів і діагностичні види наведено за "Продромусом рослинності України" (Dubyna et al., 2019). Розрахунок індикаційних значень проведено за Г. Елленбергом (EIV) і виконано в середовищі програми JUICE (Tichý, 2002).

Результати та обговорення

Wolffia globosa (Roxb.) Hartog & Plas — вид, природно поширений в Південній, Східній та частині Південно-Східної Азії, де трапляється в непроточних та повільно текучих мезо- та евтрофних водоймах (Li, Landolt, 2010; Bog et al., 2020). Водночас, для Європи, Близького Сходу, Африки, Північної та Південної Америк, низки

країн Південно-Східної Азії (наприклад, для Японії) цей вид є адвентивним (Kadono, 2004; Jones, 2005; Mani, 2011; Mayorov et al., 2012; Kirjakov, Velichkova, 2016; Beigel, 2020; Frank et al., 2020; Niebler et al., 2021; Lecron et al., 2021; Friedjung et al., 2022; Lansdown et al., 2022; Vávra et al., 2023; <https://africanplantdatabase.ch/en>).

До недавнього часу вважалося, що вперше на території Європи *W. globosa* було знайдено у 2010 р. в Болгарії в околицях м. Хисар (Kirjakov, Velichkova 2013; Vávra et al., 2023). Натомість, виявлено, що в серпні 2002 р. вид було знайдено А. Щербаковим в заводі р. Пехорка поблизу м. Томіліно (Московська обл., РФ). На той час зібраний зразок (MHA0030878) визначено як *W. arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. Але у 2009–2010 рр. Є. Мартиросян на основі генетичного аналізу встановила, що згаданий зразок 2002 р. та повторний збір А. Щербакова 2009 р. з того ж місця (MW0282002) належать до *W. globosa* (Mayorov et al., 2012). Пізніше знахідку виду в цьому локалітеті підтверджено повторними зборами та доповнено новими з інших точок вздовж згаданої річки у межах Московської обл. РФ (Mayorov et al., 2012; <https://www.inaturalist.org/observations/19728049>; <https://www.inaturalist.org/>

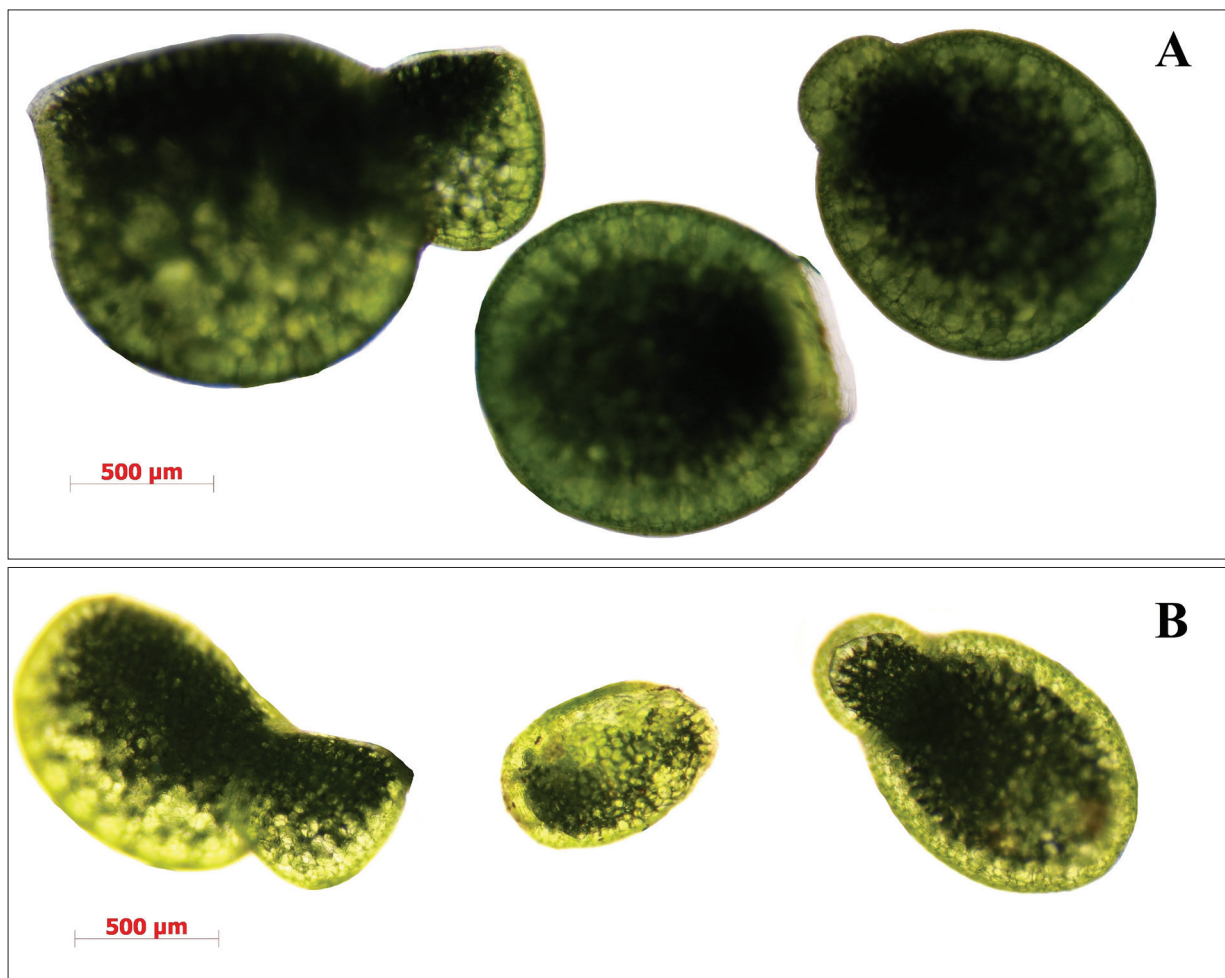


Рис. 2. Представники роду *Wolffia* флори України. А: *Wolffia arrhiza*; В: *Wolffia globosa*

Fig. 2. Representatives of the genus *Wolffia* in the flora of Ukraine. A: *Wolffia arrhiza*; B: *Wolffia globosa*

<https://www.inaturalist.org/observations/147604722>; <https://www.inaturalist.org/observations/136915161>; <https://www.inaturalist.org/observations/154904516>).

Підсумувавши наявні відомості про знахідки *W. globosa* на території Європи, ми можемо констатувати, що тепер вид присутній у флорі вже семи країн (рис. 1). Так, у Болгарії в околицях м. Хисар вид фіксували у 2010–2013 рр. у невеликому заболоченому ставі площею 150 м², з глибиною 80–120 см (Kirjakov, Velichkova, 2013, 2016). У Німеччині першу знахідку *W. globosa* зроблено в серпні 2018 р. в Баварії, де його виявили в одному з мілководних очисних ставків поблизу селища Дюрнбух (Середня Франконія) (Beigel, 2020), а в липні 2020 р. вид знайдено також в іншій частині країни — у старому рукаві

р. Ельба поблизу селища Варенберг на півночі Саксонії-Ангальт (Frank et al., 2020). У Франції *W. globosa* вперше зібрали на півдні країни у жовтні 2020 р. одразу в трьох локалітетах в очисних ставках поблизу оз. Салагу (департамент Еро в Окситанії) (Niebler et al., 2021; Lescron et al., 2021). У Великій Британії *W. globosa* знайдено в Уельсі в жовтні 2021 р. на заповідних водно-болотних територіях Гвентської рівнини (Lansdown et al., 2022). Упродовж 2017–2022 рр. вид виявлено в семи локалітетах на території Чехії, де *W. globosa* росла як у непроточних (очисних та рибних ставках, у старицях), так і в проточних водах річок (Vávra et al., 2023).

Цьогорічне пілотне обстеження водойм в різних областях України підтверджує проникнення

Таблиця 1. Морфометричні показники особин *Wolffia globosa* виявлених на території України
Table 1. Morphometric values of characters of individuals of *Wolffia globosa* found in Ukraine

№ особини	Локалітет 1			Локалітет 2		
	Довжина, мкм	Ширина, мкм	Відношення довжини до ширини, рази	Довжина, мкм	Ширина, мкм	Відношення довжини до ширини, рази
1	711,4	506,8	1,40	700,5	506,2	1,38
2	680,4	553,2	1,23	789,8	653,7	1,21
3	774,1	717,5	1,08	850,7	716,2	1,19
4	874,1	797,5	1,10	805,1	681,7	1,18
5	892,0	765,5	1,17	885,8	685,7	1,29
6	856,8	772,2	1,11	814,7	687,3	1,19
7	666,2	558,4	1,19	718,6	617,7	1,16
8	738,9	547,3	1,35	836,5	664,7	1,26
9	714,1	539,0	1,32	637,4	490,9	1,30
10	893,3	680,1	1,31	723,6	581,5	1,24
11	795,1	693,1	1,15	611,2	466,1	1,31
12	735,0	567,0	1,30	709,5	494,6	1,43
13	655,4	489,5	1,34	755,4	635,5	1,19
14	701,9	616,0	1,14	766,2	658,4	1,16
15	754,4	634,5	1,19	955,1	812,0	1,18
16	765,0	657,3	1,16	826,7	688,8	1,20
17	667,1	598,1	1,12	845,5	644,3	1,31
18	763,7	577,3	1,32	667,7	598,2	1,12
19	868,1	689,1	1,26	728,7	676,6	1,08
20	756,3	667,0	1,13	881,4	717,8	1,23
21	650,4	584,5	1,11	710,7	585,8	1,21
22	863,6	777,3	1,11	794,8	645,9	1,23
23	655,4	535,5	1,22	776,1	665,7	1,17
24	694,8	545,8	1,27	661,5	504,4	1,31
25	857,0	738,0	1,16	655,4	489,6	1,34
M	759,4	632,3	1,21	764,3	622,8	1,23
m	16,42	18,56	0,02	17,34	17,65	0,017
Std	82,09	92,82	0,09	86,68	88,23	0,08
V%	10,81	14,68	7,83	11,34	14,17	6,78
p%	2,16	2,94	1,57	2,27	2,83	1,36
min	650,4	506,8	1,08	611,2	466,1	1,08
max	893,3	797,5	1,40	955,1	812,0	1,43

M — середнє арифметичне значення; m — похибка середнього арифметичного значення; Std — стандартне відхилення; V% — коефіцієнт варіації; p% — відносна похибка середнього арифметичного значення; min — мінімальне значення; max — максимальне значення.

W. globosa до флори країни. Упродовж польового сезону 2023 р. досліджено низку доступних для вивчення водойм Житомирської, Київської, Львівської, Полтавської, Хмельницької, Чернівецької та Чернігівської областей України, де в 14 локалітетах було виявлено представників *Wolffia* sp. Детальне морфологічне та морфометричне вивчення зразків *Wolffia* sp. з досліджених

популяцій показало, що збори з 12 з них містили відомий в Україні вид *W. arrhiza* (рис. 2А). Разом із тим, екземпляри, зібрані у двох локалітетах Житомирської області — в околицях с. Радичі Хорошівської селищної громади Житомирського р-ну (Локалітет 1) та в околицях с. Ужачин Брониківської сільської громади Звягельського р-ну (Локалітет 2), містили зразки *Wolffia*, що

вирізнялись кулясто-овальними гонами, на поверхні яких налічувалось 11–21 продих, і були менші за розмірами у порівнянні з *Wolffia arrhiza*. Середні значення найважливіших морфометричних показників особин у цих двох популяціях *Wolffia* були такими: у локалітеті 1 довжина гону особин становила $759,4 \pm 16,42$ мкм, ширина $632,3 \pm 18,56$ мкм, відношення довжини до ширини склало $1,21 \pm 0,02$ раза; у локалітеті 2 відповідні значення були $764,3 \pm 17,34$ мкм, $622,8 \pm 17,65$ мкм, $1,23 \pm 0,017$. Зважаючи на особливості морфології особин *Wolffia* з околиць сел Радичі та Ужачин, а також наведені вище їхні морфометричні показники, зібрані зразки з цих двох місцезростань були нами визначені як *W. globosa* (рис. 2В; див. Табл. 1).

Нижче наводимо коротку морфологічну характеристику *W. globosa* на основі літературних даних (Landolt, 2000; Li, Landolt, 2010; Bog et al., 2020), відомості про особливості її біології та поширення в Україні, ключ для визначення представників роду *Wolffia* нашої флори, а також еколого-ценотичні характеристики виявлених місцезростань нового виду на території країни.

***Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas,**
Blumea 18(2): 367. 1970. — **Вольфія куляста**

Basionym: *Lemna globosa* Roxb., Fl. Ind. (Carey & Wallich ed.) 3: 565. 1832.

Synonyms: *Grantia globosa* (Roxb.) Griff. in Hort. Suburb. Calcutt.: 692. 1845.

Wolffia schleidenii Miq. in Ned. Kruidk. Arch. 3: 428. 1855.

Wolffia delilii Schleid. var. *schleidenii* Kurz, J. Linn. Soc. Bot. 9: 265 (1866)

Wolffia cylindracea Welw. ex Hegelm. in Lemnac.: 123. 1868.

Telmatophace cylindracea Welw. ex Hegelm. in Lemnac.: 123. 1868; id. Mspt. in Herb. Angol. No 212. 1858.

Морфологічна характеристика. Майже повністю занурені під плівку води безкореневі гони (фронди) одиночні, але коли молода особина не встигла відділитись від материнської — їх два; світло-зелені, від кулястих до яйцеподібних, 0,4–0,8 мм завд., 0,3–0,5(0,6) мм завш. (довжина може в (1,0)1,3–1,5 раза перевищувати ширину), 0,4–0,6 мм заввиш. (висота може в 1,3–1,5 раза перевищувати ширину). Пігментовані клітини відсутні. Піднята

над водою верхня частина гону трохи опукла, з (1)8–25(35) продихами; сосочки невиразні або відсутні на верхівці гону; нижня частина — опукла з чисельними клітинами аеренхіми; з одного боку зануреного гону міститься кишенька, в якій розвивається молодий гін, а з протилежного — округла верхівка з ледь помітним горбочком. Цвіте нерегулярно; редуковані квіткі (жіноча складається з однієї маточки з одним насінневим зачатком; чоловіча — з однієї тичинки з одногніздом пиляком, що розкривається двома стулками) розвиваються в ямочці на піднятій над водою частині гону. Плодоносить вкрай рідко, тому відомості про розміри та морфологію насіння відсутні. Цв. VI–IX. Пл. ?

Особливості біології. Багаторічник, гідатофіт (плейстофіт). Розмноження переважно вегетативне. $2n = 16, 23, 30, 40, 46, 50, 60$ (Li, Landolt, 2010).

Поширення в Україні. На сьогодні *W. globosa* напевне відомий в двох локалітетах, розташованих у межах Житомирського Полісся (рис. 1). Локалітет 1: Житомирська обл., Житомирський р-н, Хорошівська селищна громада, 1,4 км південно-східніше с. Радичі, у гирлі р. Радич при її впадінні в р. Ірша, відкриті теплі мілководдя у центральній частині Радичького затону, 11.07.2023, leg. О.О. Орлов (рис. 3). Локалітет 2: Житомирська обл., Звягельський р-н, Брониківська сільська громада, 4,5 км північніше с. Ужачин, Городницьке ЛГ, Новоград-Волинське лісництво, кв. 104, виділ 9, у мілководному озері, 24.06.2023, leg. О.О. Орлов.

Крім того, на сайті *iNaturalist* у 2021 р. Г.В. Бойко оприлюднила фото, зроблене в 2016 р. у Краснолиманському р-ні Донецької обл., *Wolffia* sp. з якого була визначена О. Баранським як *W. globosa* (<https://www.inaturalist.org/observations/83119321>). На жаль, через відсутність гербарних матеріалів з цього локалітету нині неможливо підтвердити дане визначення, тому ця інформація потребує уточнення.

Поданий ключ для визначення представників роду *Wolffia*, виявлених на тепер у флорі України враховує оновлені дані щодо ідентифікації представників роду *Wolffia*, запропоновані М. Bog, K.J. Appenroth та K.S. Sree (2020), а також ключ для чотирьох видів роду, виявлених в Європі, опублікований F. Niebler, P. Delaumône та G. Fried (2021).

Ключ для визначення представників роду *Wolffia* флори України

1. Гони від кулястих до яйцеподібних; верхня частина гону темно-зелена, непрозора, блискуча, приплюснута; на вершині з виразною загостреною папулою і вираженим краєм; довжина гону 0,5–1,5 мм, ширина 0,4–1,2 мм, відношення довжини до ширини 1,0–1,3 раза; найбільша ширина — трохи нижче поверхні води; продихів (10)30–100 ***W. arrhiza***

– Гони від кулястих до видовжено-кулястих; верхня частина гону світло-зелена, прозора, не блискуча, злегка опукла; на вершині округла або із слабо вираженою притупленою папулою; довжина гону 0,4–0,8 мм, ширина 0,3–0,6 мм, відношення довжини до ширини 1,0–1,5 раза; найбільша ширина — значно глибше поверхні води; продихів (1)8–25(35) ***W. globosa***

Еколого-ценологічні особливості. На Житомирському Поліссі *W. globosa* відмічений у непроточних (озеро) та слабопроточних (річковий затон) евтрофних водоймах, завглибшки від 0,2–0,5 до 1,2–1,5 м, повністю освітлених, з мулистими відкладами завтовшки 0,05–0,2 м. Майже суцільний ярус плейстофітів на поверхні води (загальне проективне покриття становить 90–98%) сформований *W. globosa* (з покриттям від 40–45% до 80–85%), *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. і *Lemna minor* L. Підводний ярус добре розвинений, сформований невикоріненими (*Lemna trisulca* L., *Utricularia vulgaris* L., *Ceratophyllum demersum* L., *C. submersum* L.) та викоріненими зануреними (*Elodea canadensis* Michx., *Myriophyllum spicatum* L., *Potamogeton crispus* L.) рослинами. Поодинокі трапляються викорінені повітряно-водні види.

Угруповання, в яких трапляється *W. globosa*, відносимо до асоціації *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* Koch 1954 союзу *Lemnion minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955 порядку *Lemnetalia minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955 класу *Lemnetea* O. de Bolòs et Masclans 1955.

Наводимо геоботанічні описи, виконані в локалітетах *W. globosa*.

Опис (локалітет 1). 11.07.2023, 50°40'22.51" N, 28°31'32.87" E, О.О. Орлов. D.s. Cl. *Lemnetea*: *Wolffia globosa* 3, *Spirodela polyrhiza* 3, *Lemna minor* 2, *Lemna trisulca* 1, *Utricularia vulgaris* 1, *Ceratophyllum submersum* 3, *Hydrocharis morsus-ranae* r, *Stratiotes aloides* r; D.s. Cl. *Potamogetonetea*: *Myriophyllum spicatum* 2, *Potamogeton crispus* 2.

Опис (локалітет 2). 24.06.2023, 50°39'47.57" N, 27°46'01.16" E, О.О. Орлов. D.s. Cl. *Lemnetea*: *Wolffia globosa* 5, *Spirodela polyrhiza* 2, *Lemna minor* 1, *Lemna trisulca* 1, *Utricularia vulgaris* r, *Ceratophyllum demersum* 4; D.s. Cl. *Potamogetonetea*: *Myriophyllum spicatum* 2, *Elodea canadensis* 2; D.s. *Phragmito-Magnocaricetea*: *Alisma plantago-aquatica* r.

Синфітоіндикаційна оцінка місцезростань *W. globosa* така: вид росте у водному середовищі (M 11.1), з нейтральною реакцією (R 7.3) та середнім забезпеченням азотом (N 6.3), за умов помірного (T 5.8, C 3.7) клімату, при достатньому освітленні (L 6.6).

Шляхи занесення та поширення. З перших знахідок *W. globosa* в Європі постало питання шляхів занесення цього виду. Зокрема, для рясок традиційно розглядається версія переносу рослин водоплавними птахами (екзо- та ендозоохорія) (Reynolds et al., 2015). Але враховуючи той факт, що жоден з природно поширених птахів Європи не зимує у Південній, Східній та Південно-Східній Азії, F. Niebler, P. Delaumône та G. Fried (2021) вважають більш імовірним занесення *W. globosa* разом з інтродукованими представниками родини качині (*Anatidae*). Іншим шляхом проникнення *W. globosa* до Європи вважається випадкове завезення цього виду разом з іншими імпортованими акваріумними рослинами (Mayorov et al., 2012; Niebler et al., 2021; Shcherbakov et al., 2022), які часто стають джерелом поповнення флор новими водними видами. Так, наприклад, виявлений свого часу в Україні *Elodea densa* (Planch.) Casp. (*Egeria densa* Planch.) тепер успішно освоює скидний канал Бортницької очисної системи (Київська обл.), а *Pistia stratiotes* L. у 2013–2015 рр. продемонстрував свій катастрофічний вплив на гідроекосистему р. Сіверський Донець у межах Харківської обл. (Dubyna et al., 2017).

На нашу думку, *W. globosa* має ще один цілком вірогідний спосіб проникнення у флору Європи, а саме — через харчові відходи. У Південно-Східній Азії *W. globosa* відома як "Khai Nam" або "водяні яйця", і під цією назвою рослина широко використовується в їжу в Лаосі, М'янмі та Тайланді на рівні з овочевими культурами. Останніми роками в Європі значно зріс інтерес до цієї рослини як харчової добавки, яку вважають модним суперфудом, називаючи в рекламних статтях "зеленою ікрою" (<https://www.flowolffia.com/>; <https://www.nutraingredients.com/>).

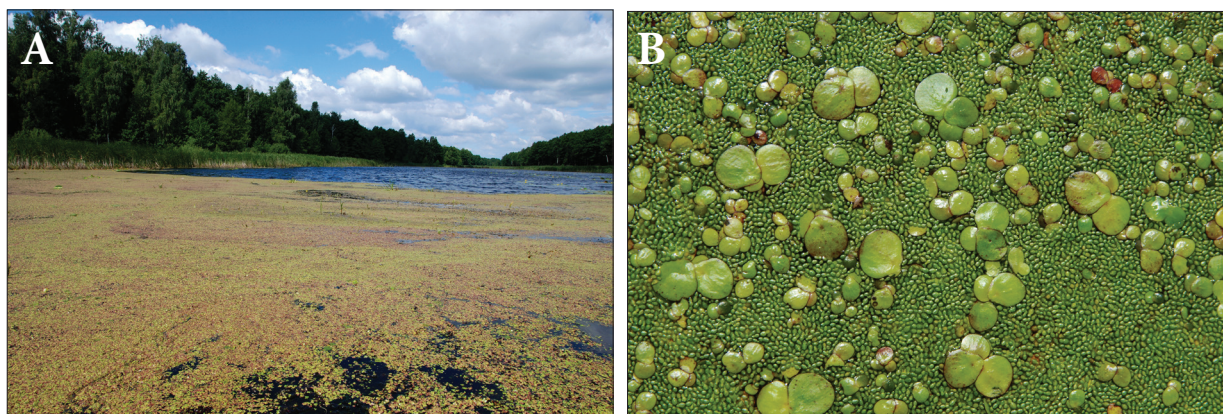


Рис. 3. *Wolffia globosa* у Радицькому затоні. А: загальний вигляд водойми; В: *W. globosa* та *Spirodela polyrhiza*
Fig. 3. *Wolffia globosa* in Radytskyi backwater. A: general view of the locality; B: *W. globosa* with *Spirodela polyrhiza*

[com/Article/2019/08/06/Duckweed-potential-Israeli-RCT-backs-protein-packed-strain-as-superfood-for-GI-control](https://www.timesofisrael.com/Article/2019/08/06/Duckweed-potential-Israeli-RCT-backs-protein-packed-strain-as-superfood-for-GI-control); <https://kopalniawiedzy.pl/wolfia-Wolffia-globosa-kontrola-glikemiczna-glu-koza-cukier-koktajl-superpokarm-bialko-Hila-Zelicha,30514>; <https://www.timesofisrael.com/agriculture-4-0-israeli-startup-sets-up-smart-urban-farm-for-fresh-green-superfood/>). Зауважи-мо, що в 2015 р. Європейським агентством з безпечності харчових продуктів (EFSA) було надано дозвіл на постачання на ринок Європи живих культур цього виду, який було віднесено до категорії овочів (EFSA, 2021). Тож *W. globosa* в якості харчових відходів, чи разом зі змивни-ми водами, могла випадково потрапити до очис-них систем європейських країн, а звідти шля-хом вторинного переносу завдяки водоплавним птахам потрапити на територію України.

Майбутнє виду в Україні. Для *W. globosa*, який за походженням є тропічним азійським видом, ймовірно, сучасне підвищення серед-ньорічних температур повітря відіграє важли-ву роль у виживанні в умовах України. Згідно з E. Landolt (1994), *W. globosa* витримує +1 °C як найнижчу середню температуру повітря трьох найхолодніших місяців. Ці температурні умо-ви в основному дотримуються у французькому середземноморському регіоні, але водночас вид виживає також у субконтинентальному (Bei- gel, 2020; Frank et al., 2020) та континентально-му кліматі (Mayorov et al., 2012). Враховуючи дані про потепління клімату України в останні 40 років (Balabukh, Krakovska, 2013; Zhyla, Ba- labukh, 2013) та прогноз на посилення даного

процесу в найближчі 40 років (Krakovska et al., 2016), ми передбачаємо нові знахідки *W. globosa* на території України. Тому цілком вірогідно, що кількість нових знахідок виду в Україні з рока-ми буде зростати. Це узгоджується з висновка-ми інших дослідників (Arianoutsou et al., 2021; Didukh, 2023) про те, що сучасні кліматичні зміни у комплексі з антропогенними факторами сприяють експансії багатьох адвентивних видів.

Висновки

Отже, *W. globosa*, вперше виявлений в Європі у 2002 р., в останні 20 років розширює свій вто-ринний ареал та станом на 2023 р. вже відомий з території семи європейських країн. В Укра-їні вид вперше знайдено у 2023 р. у двох лока-літетах Житомирської області (Житомирське Полісся). Відомості про можливу наявність *W. globosa* в Донецькій області потребують під-твердження.

Угруповання, в яких трапляється *W. globosa* в Україні, належать до асоціації *Lemno-Spirodele- tum polyrhizae* Koch 1954 союзу *Lemnion minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955 порядку *Lemnetalia minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955 класу *Lem- netea* O. de Bolòs et Masclans 1955. У виявлених локалітетах *W. globosa* траплявся в евтрофних непроточних водоймах з глибиною 0,2–0,5 м або слабо проточних з глибиною 1,2–1,5 м; дно водойм було мулистим з шаром мулу 5–20 см; освітлення — повним.

Зважаючи на сучасні тенденції кліматичних змін на території країни та їхній довготривалий

прогноз, цілком вірогідно, що *W. globosa* може потрапити і до інших регіонів України, що відобразиться у виявленні її в нових локалітетах та збільшенні площ відомих популяцій. Тому, з метою контролю за цим схильним до експансії видом, потрібний подальший моніторинг популяцій *W. globosa*, виявлених у межах Житомирського Полісся.

Подяки

Автори висловлюють щирю подяку співробітникам Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України д.б.н. В.П. Гелюті за допомогу під час морфометричних досліджень, к.б.н.

І.Г. Ольшанському за сприяння в польових дослідженнях, а також к.б.н. Г.В. Бойко за надання для вивчення оригіналів фотознімків з Донецької області.

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

Н.М. Шиян: <https://orcid.org/0000-0001-8144-5623>
 О.О. Орлов: <https://orcid.org/0000-0003-2923-5324>
 Д.М. Якушенко: <https://orcid.org/0000-0002-3463-7785>

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Al-Mayah A., Al-Saadi S. 2013. Two new generic and three specific records of *Lemnaceae* to the aquatic flora of Iraq. *Journal of Plant Studies*, 2(1): 18–25. <http://dx.doi.org/10.5539/jps.v2n1p18>
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105–121. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181: 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arianoutsou M., Bazos I., Christopoulou A., Kokkoris Y., Zikos A., Zervou S., Delipetrou P., Cardoso A.C., Deriu I., Gervasini E., Tsiamis K. 2021. Alien plants of Europe: introduction pathways, gateways and time trends. *PeerJ*, 9: e11270. <https://doi.org/10.7717/peerj.11270>
- Balabukh V.O., Krakovska S.V. 2013. Rehionalni proiavy hlobalnoi zminy klimatu na zapovidnykh terytoriiakh verkhnoi Pryp'яти. In: *Hidroekosystemy verkhnoi Pryp'яти v umovakh klimatychnykh zmin*. Eds. V.D. Romanenko, S.O. Afanasieva, V.I. Osadchyi. Kyiv: Kafedra, pp. 7–31. [Балабукх В.О., Краковська С.В. 2013. Регіональні прояви глобальної зміни клімату на заповідних територіях верхньої Прип'яті. В кн.: *Гідроєкосистеми верхньої Прип'яті в умовах кліматичних змін*. За ред. В.Д. Романенка, С.О. Афанасьєва, В.І. Осадчого. Київ: Кафедра, с. 7–31].
- Banaszek A., Musial K. 2009. The new kenophyte in Poland — *Lemna minuta* Humb., Bonpl. & Kunth. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 78(1): 69–72. <http://dx.doi.org/10.5586/asbp.2009.009>
- Beigel H. 2020. Die Kugelige Zwergwasserlinse *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas — neu in Mitteleuropa. In: *RegnitzFlora — Mitteilungen des Vereins zur Erforschung der Flora des Regnitzgebietes*. Band 10, pp. 38–50. Available at: https://www.regnitzflora.de/band10/VFR_2020-4-Beigel-Wolffia.pdf
- 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>
- Bog M., Appenroth K.J., Sree K.S. 2020. Key to the determination of taxa of Lemnaceae: an update. *Nordic Journal of Botany*, 38(8): e02658. <https://doi.org/10.1111/njb.02658>
- 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>
- Didukh Ya.P. 2023. *World of plants of Ukraine in aspect of the climate change*. Kyiv: Naukova Dumka, 202 pp. [Дідух Я.П. 2023. *Рослинний світ України в аспекті кліматичних змін*. Київ: Наукова думка, 202 с.]. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1868-6>.
- Dubyna D.V., Protoporova V.V. 1983. *Lemna minuscula* Herter. — a new species for the USSR Flora. *Ukrainian Botanical Journal*, 40(5): 28–31. [Дубина Д.В., Протопопова В.В. 1983. Новий для флори СРСР вид ряски — *Lemna minuscula* Herter. *Український ботанічний журнал*, 40(5): 28–31].
- Dubyna D.V., Dziuba T.P., Dvoretzkyi T.V., Zolotariova O.K., Taran N.Yu., Mosyakin A.S., Iemeljanova S.M., Kazarinova H.O. 2017. Invasive aquatic macrophytes of Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 74(3): 248–262. [Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Дворецький Т.В., Золотарьова О.К., Таран Н.Ю., Мосякін А.С., Емельянова С.М., Казарінова Г.О. 2017. Інвазійні водні макрофіти України. *Український ботанічний журнал*, 74(3): 248–262]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj74.03.248>

- Dubyna D.V., Dzyuba T.P., Iemelianova S.M., Bagrikova N.O., Borysova O.V., Borsukevych L.M., Vynokurov D.S., Gapon S.V., Gapon Yu.V., Davydov D.A., Dvoretzky T.V., Didukh Ya.P., Zhmud O.I., Kozyr M.S., Konishchuk V.V., Kuzemko A.A., Pashkevych N.A., Ryff L.E., Solomakha V.A., Felbaba-Klushyna L.M., Fitsaylo T.V., Chorna H.A., Chorney I.I., Shelyag-Sosonko Yu.R., Iakushenko D.M. 2019. *Prodrome of the vegetation of Ukraine*. Eds D.V. Dubyna, T.P. Dzyuba. Kyiv: Naukova Dumka, 782 pp. [Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М., Багрикова Н.О., Борисова О.В., Борсукевич Л.М., Винокуров Д.С., Гапон С.В., Гапон Ю.В., Давидов Д.А., Дворецький Т.В., Дідух Я.П., Жмуд О.І., Козир М.С., Коніщук В.В., Куземко А.А., Пашкевич Н.А., Рифф Л.Е., Соломаха В.А., Фельбаба-Клушина Л.М., Фіцайло Т.В., Чорна Г.А., Чорней І.І., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Якушенко Д.М. 2019. *Продромус рослинності України*. Ред. Д.В. Дубина, Т.П. Дзюба. Київ: Наукова думка, 783 с.]
- EFSA (European Food Safety Authority). 2021. Technical Report on the notification of fresh plants of *Wolffia arrhiza* and *Wolffia globosa* as a traditional food from a third country pursuant to Article 14 of Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA supporting publication*, 18(6): EN-6658, 15 pp. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.EN-6658>
- El Mokni R., Domina G. 2020. Additions to terrestrial flora of Tunisia: occurrence and taxonomic notes. *Check List*, 16(3): 553–561. <https://doi.org/10.15560/16.3.553>
- Fedoniuk T., Bog M., Orlov O., Appenroth K.J. 2022. *Lemna aquinoctialis* migrates further into temperate continental Europe — A new alien aquatic plant for Ukraine. *Feddes Repertorium*, 133(4): 305–312. <https://doi.org/10.1002/fedr.202200001>
- Feráková V., Onderiková V. 1998. *Lemna minuta* Kunth, nový adventívny hydrofyt vo flóre Slovenska. *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti*, 20: 98–99.
- Frank D., Appenroth K.J., Bog M., Schmitz U. 2020. Man sieht nur was man kennt — Drei Zwergwasserlinsen-Arten der Gattung *Wolffia* Schleid. in Sachsen-Anhalt nachgewiesen. *Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt (Halle)*, 25: 3–17. <http://dx.doi.org/10.21248/mfk.33>
- Friedjung Y.A., Ghazaryan L., Klamann L., Kaufman K.S., Baubin C., Poodiack B., Ran N., Gabay T., Didi-Cohen S., Bog M., Khozin-Goldberg I., Gillor O. 2022. Diversity and differentiation of duckweed species from Israel. *Plants*, 11(23): 3326, <https://doi.org/10.3390/plants11233326>
- Hendrickx P., Verloove F. 2019. *Wolffia columbiana* nu ook waargenomen in België. *Dumortiera*, 114: 8–12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2621185>
- 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>
- Iberite M., Iamónico 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: 751–755. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2011.633112>
- Jacob D., Kotova L., Teichmann C., Sobolowski S.P., Vautard R., Donnelly C., Koutroulis A.G., Grillakis M.G., Tsanis I.K., Damm A., Sakalli A., van Vliet M.T.H. 2018. Climate impacts in Europe under +1.5 °C Global warming. *Earth's Future*, 6(2): 264–285. <https://doi.org/10.1002/2017EF000710>
- Jones R.L. 2005. *Plant life of Kentucky. An illustrated guide to the vascular flora*. Lexington: University Press of Kentucky, 833 pp.
- Kadono Y. 2004. Alien aquatic plants naturalized in Japan: history and present status. *Global Environmental Research*, 8(2): 163–169.
- Kirjakov I., Velichkova K. 2013. *Wolffia globosa* (Roxburgh) Hartog et Plas (*Lemnaceae*): a new species in Bulgarian flora. *Journal of Biological & Scientific Opinion*, 1(4): 356–357. <http://dx.doi.org/10.7897/2321-6328.01416>
- Kirjakov I.K., Velichkova K.N. 2016. Invasive species *Lemna* L. (*Lemnaceae*) in the flora of Bulgaria. *Periodicum Biologorum*, 118(2): 131–138.
- Korchagin A.A. 1964. Vidovoy (floristicheskiy) sostav rastitelnykh soobshchestv i metody ego izucheniya. In: *Polevaya geobotanika*. Vol. 3. Eds. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagin. Moscow; Leningrad: Nauka, pp. 39–59. [Корчагин А.А. 1964. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения. В кн.: *Полевая геоботаника* Т. 3. Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Москва; Ленинград: Наука, с. 39–59].
- Krakovska S.V., Hnatiuk N.V., Shpytal T.M., Palamarchuk L.V. 2016. Proektsii zmin pryzemnoi temperatury povitria za danymu ansamblu rehionalnykh klimatychnykh modelei u rehionakh Ukrainy v XXI stolitti. *Naukovi pratsi pratsi Ukrainskoho naukovo-doslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu*, 268: 33–44. [Краковська С.В., Гнатюк Н.В., Шпиталь Т.М., Паламарчук Л.В. 2016. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України в XXI столітті. *Наукові праці праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*, 268: 33–44].
- Lakin H.F. 1980. *Biometria*. Moscow: Vysshaya shkola, 293 pp. [Лакін Г.Ф. 1980. *Биометрия*. Москва: Высшая школа, 293 с.]
- Landolt E. 1986. *The Family of Lemnaceae — A Monographic Study*. Vol. 1. *Morphology, Karyology, Ecology, Geographic Distribution, Systematic Position, Nomenclature, Descriptions*. Zürich: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, 566 pp.
- Landolt E. 2000. *Lemnaceae*. In: *Flora of North America*. Eds. Flora of North America Committee. Vol. 22. Oxford; New York: Oxford University Press, pp. 143–150.
- Lansdown R., Kitchener G., Jones E. 2022. *Wolffia columbiana* and *W. globosa* (*Araceae*) new to Britain. *British & Irish Botany*, 4(1): 14–26. <https://doi.org/10.33928/bib.2022.04.014>

- Lavrenko E.M. 1959. Osnovnye zakonomernosti rastitelnykh soobshchestv i puti ih izucheniya. In: *Polevaya geobotanika*. Vol. 1. Eds. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagin. Moscow; Leningrad: Nauka, pp. 13–70. [Лавренко Е.М. 1959. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения. В кн.: *Полевая геоботаника*. Т. 1. Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Москва; Ленинград: Наука, с. 13–70].
- Lecron J.M., Fisson P., Fried G., Lierout M., Niebler F., Verloove F. 2021. Deux nouvelles espèces de wolffies en France métropolitaine: *Wolffia columbiana* H. Karst. et *W. globosa* (Roxb.) Hartog & Plas (*Araceae*). *Bulletin de la Société botanique du Centre-Quest*, 52: 129–136.
- 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>
- Li H., Landolt E. 2010. *Lemnaceae*. In: *Flora of China*. Vol. 23. Eds Z.Y. Wu, P.H. Raven, D.Y. Hong. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, pp. 80–83.
- Mani S. 2011. *Wolffia globosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2011: e.T177384A7426184. (Accessed 05 September 2023).
- Mayorov S.R., Bochkin V.D., Nasimovich Y.A., Shcherbakov A.V. 2012. *Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoi oblasti*. Moscow: KMK, 412 pp. [Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербаков А.В. 2012. *Адвентивная флора Москвы и Московской области*. Москва: КМК, 412 с.].
- Mesterhá A, Kirá G, Vidé R, Lukács B.A. 2007. A *Lemna minuta* Kunth Magyarországon. *Flora Pannonica*, 5: 167–174.
- Misud S. 2010. First occurrences of *Lemna minuta* Kunth (Fam. *Lemnaceae*) in the Maltes Islands. *The Central Mediterranean Naturalist*, 5(2): 1–4.
- Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. 1999. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv, xxiii + 345 pp. <https://doi.org/10.13140/2.1.2985.0409>
- Niebler F., Delaumône P., Fried G. 2021. Découverte de *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas (*Araceae*) dans l’Hérault (France), espèce nouvelle pour la France. *Carnets botaniques*, 52: 1–7. <https://doi.org/10.34971/4XQN-WV06>
- Orlov O.O., Yakushenko D.M. 2013. *Lemna turionifera* Landolt (*Araceae*), a new species for the flora of Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 70(2): 224–231. [Орлов О.О., Якушенко Д.М. 2013. *Lemna turionifera* Landolt (*Araceae*) — новый вид флоры України. *Український ботанічний журнал*, 70(2): 224–231]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj70.02.224>
- Reynolds C., Miranda N.A.F., Cumming G.S. 2015. The role of waterbirds in the dispersal of aquatic alien and invasive species. *Diversity and Distributions*, 21: 744–754. <https://doi.org/10.1111/ddi.12334>
- Rothwell G.W., van Atta M.R., Ballard H.E., Stockey R.A. 2004. Molecular phylogenetic relationships among *Lemnaceae* and *Araceae* using the chloroplast *trnL-trnF* intergenic spacer. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 30(2): 378–385. [https://doi.org/10.1016/S1055-7903\(03\)00205-7](https://doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00205-7)
- Schmitz U., Köhler S., Hussner A. 2014. First records of American *Wolffia columbiana* in Europe — Clandestine replacement of native *Wolffia arrhiza*? *BioInvasions Records*, 3(4): 213–216. <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2014.3.4.01>
- Sell P.D., Murrell G. 1996. *Flora of Great Britain and Ireland*. Vol.5: *Butomaceae — Orchidaceae*. Cambridge: Cambridge University Press, 440 pp.
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13(3): 451–453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>
- Tippery N.P., Les D.H., Appenroth K.J., Sree K.S., Crawford D.J., Bog M. 2021. *Lemnaceae* and *Orontiaceae* are phylogenetically and morphologically distinct from *Araceae*. *Plants*, 10: 2639. <https://doi.org/10.3390/plants10122639>
- Vávra M., Špaček J., Koutecký P., Schmitz U., Rydlo J. 2023. Asian *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas (*Araceae*) in Bohemian Wetlands — a new macrophyte for Czechia. *Biologia*, <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01413-7>
- Visiulina O.D. 1950. *Lemnaceae*. In: *Flora URSS*. Vol. 3. Eds. M.I. Kotov, A.I. Barbarych. Kyiv: Vydavnytstvo AN URSS, pp. 15–19. [Вісюліна О.Д. 1950. *Lemnaceae*. В кн.: *Флора УРСР*. Т. 3. Ред. М.І. Котов, А.І. Барбарич. Київ: Видавництво АН УРСР, с. 15–19].
- Yang J., Zhao X., Li G., Hu S., Hou H. 2021. Frond architecture of the rootless duckweed *Wolffia globosa*. *BMC Plant Biology*, 21: art. 387. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03165-5>
- Yunatov A.A. 1964. Zalozhenie ekologicheskikh profilei i probnykh ploshchadei. In: *Polevaya geobotanika*. Vol. 3. Eds. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagin. Moscow; Leningrad: Nauka, pp. 9–35. [Юнатов А.А. 1964. Заложение экологических профилей и пробных площадей. В кн.: *Полевая геоботаника*. Т. 3. Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Москва; Ленинград: Наука, 1964, с. 9–35].
- 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/plants12112215>
- Zhyly S.M., Balabukh V.O. 2013. Klimatychni zminy. In: *Vrazlyvi ekosystemy Poliskoho pryrodnoho zapovidnyka ta yoho okolyts v umovakh hlobalnoho poteplynnia: problemy ta shliakhy vyrishennia*. Eds. S.M. Zhyla, V.O. Balabukh, O.O. Orlov, O.A. Yaremchenko. Kyiv: TOV NVP Interservis, pp. 19–26. [Жила С.М., Балабух В.О. Кліматичні зміни. В кн.: *Вразливі екосистеми Поліського природного заповідника та його околиць в умовах глобального потепління: проблеми та шляхи вирішення*. Ред. В.О. Балабух, С.М. Жила, О.О. Орлов, О.А. Яремченко. Київ: ТОВ НВП "Інтерсервіс", с. 19–26].

***Wolffia globosa* (Araceae s. l. / Lemnaceae s. str.),
a new aquatic alien species in the flora of Ukraine**

N.M. SHIYAN¹, O.O. ORLOV², D.M. IAKUSHENKO^{3,4}

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine,

2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

² State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine", 34A Academician Palladin Avenue, Kyiv 03142, Ukraine

³ Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
2 Kotsubynskogo Str., Chernivtsi 58012, Ukraine

⁴ University of Zielona Góra, Z. Szafrana 1, Zielona Góra 65-516, Poland

Abstract. In Europe, *Wolffia globosa* was first recorded in 2002 in the RF, and not in Bulgaria, as it was previously believed. Over the past 20 years, the species has expanded its secondary range. As of 2023, it is known from seven European countries. In Ukraine, *W. globosa* was first found in 2023 in two localities in Zhytomyr Region (Zhytomyr Polissia). The plant communities with *W. globosa* in Ukraine belong to the association *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* of the alliance *Lemnion minoris* of the class *Lemnetea*. In the reported localities *W. globosa* occurs in eutrophic stagnant waterbodies with depths of 0.2–0.5 m and weakly flowing waterbodies with depths of 1.2–1.5 m; silty bottom is covered by a silt layer 5–20 cm thick, lighting is full. It is suggested that due to the observed climate warming, further migrations of *W. globosa* to other regions of Ukraine are possible.


Keywords: alien species, flora, biodiversity, Ukraine, *Wolffia globosa*



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.052>

RESEARCH ARTICLE

Поширення та внутрішньовидове різноманіття рижію дрібноплідного (*Camelina microcarpa*, *Brassicaceae*) в Україні

Ростислав Я. БЛЮМ ^{1*} , Владислава Г. САХАРОВА ¹ ,
Анастасія М. РАБОКОНЬ ¹ , Аліса В. ШУМІЛОВА ²,
Наталія М. ШИЯН ² , Сергій Л. МОСЯКІН ² , Ярослав Б. БЛЮМ ¹ 

¹ Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України,
вул. Байди-Вишневецького 2а, Київ 04123, Україна

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

* Автор для листування: blume.rostislav@gmail.com

Реферат. *Camelina sativa* (рижій посівний), одна з найперспективніших біопаливних олійних культур, характеризується низьким рівнем генетичного різноманіття, через що вивчення його найближчого дикого родича *C. microcarpa*, здатного схрещуватися із *C. sativa*, викликає значний інтерес. *Camelina microcarpa* (у сучасному розумінні) є генетично неоднорідним та морфологічно варіабельним таксоном, котрий включає декілька рибо- та цитотипів з різними рівнями плоідності. В Україні, яка вважається одним з географічних центрів генетичного різноманіття цього виду, рижій дрібноплідний залишається недостатньо вивченим. Саме тому метою даної роботи було встановити поширення *C. microcarpa* та різних його форм в Україні за матеріалами Національного гербарію України (KW). Зокрема показано, що рижій дрібноплідний нині розповсюджений майже по всій території України та представлений двома гексаплоїдними цитотипами, а також двома риботипами західного типу (W1 та W2). Отримані результати дозволили уточнити ареал та вперше окреслити межі поширення різних форм *C. microcarpa* в Україні, що надалі може бути використано при вивченні популяційної структури представників групи *C. microcarpa* в Україні.

Ключові слова: *Brassicaceae*, *Camelina microcarpa*, дикі родичі культурних рослин, поширення, олійні культури

Вступ

Рижій посівний — *Camelina sativa* (L.) Crantz (*Brassicaceae/Cruciferae*), нині розглядається як одна з найважливіших перспективних олійних культур для виробництва рідких біопалив, у

тому числі авіаційного палива (Vollmann, Eynck, 2015; Brock et al., 2018, 2020; Zanetti et al., 2021; Blume et al., 2022). У зв'язку із цим останнім часом активно досліджуються таксономія, біогеографія, філогенія, генетичне різноманіття та еволюція видів роду *Camelina* Crantz, особливо

ARTICLE HISTORY. Submitted 10 November 2023. Revised 20 February 2024. Published 26 February 2024

CITATION. Blume R.Y., Sakharova V.H., Rabokon A.M., Shumilova A.V., Shiyani N.M., Mosyakin S.L., Blume Y.B. 2024. Distribution and infraspecific diversity of little-pod false flax (*Camelina microcarpa*, *Brassicaceae*) in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 81(1): 52–62. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj81.01.052>

© 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/>)

тих, котрі є дикими родичами або безпосередніми предками культурного рижію (Martin et al., 2017; Brock et al., 2018, 2019, 2020, 2022a, 2022b; Žerdoner Čalasan et al., 2019; Luo et al., 2019; Mandáková et al., 2019; Blume et al., 2020; Chaudhary et al., 2020; etc.). Різні аспекти проблеми походження культурного рижію розглядалися в багатьох ранніх роботах (Zinger, 1909; Tedin, 1925; Sinskaya, 1928; Sinskaya, Bestuzheva, 1931; etc.). Натепер доведено, що *C. sativa* є окультуреним нащадком дикорослого виду *Camelina microcarpa* Andr. ex DC. (Brock et al., 2022a, 2022b). Культурний рижій характеризується значно нижчим рівнем генетичного різноманіття порівняно з іншими олійними та біопаливними культурами. Саме тому значний інтерес викликає вивчення його найближчого дикого родича *C. microcarpa*, який має подібні з культурним рижієм розміри геному та однаковий з ним рівень плідності (обидва є гексаплоїдами) (Manca et al., 2012; Galasso et al., 2015; Brock et al., 2018; Chaudhary et al., 2020) та здатний досить вільно схрещуватися з ним (Martin et al., 2019). Можливість гібридизації *C. sativa* з *C. microcarpa* розглядається як перспективний шлях для підвищення генетичного різноманіття культурного рижію (Chaudhary et al., 2020; Mandáková, Lysak, 2022).

Результати кількох досліджень вказують на те, що *C. microcarpa* (у широкому розумінні) є генетично неоднорідним та морфологічно варіабельним таксоном, котрий включає в себе декілька риботипів та тетраплоїдних і (переважно) гексаплоїдних цитотипів з дещо відмінними хромосомними числами ($2n = 4x = 26$; $2n = 6x = 38$; 40) (Žerdoner Čalasan et al., 2019; Brock et al., 2020, 2022a, 2022b; Mandáková, Lysak, 2022). Молекулярно-генетичні дослідження вказують на те, що рижій дрібноплідний представлений в Україні двома макропопуляціями групи *C. microcarpa* Тип 2 ($2n = 6x = 38$), які є більш генетично відмінними між собою, ніж кавказькі популяції *C. microcarpa* Тип 1 ($2n = 6x = 40$) (Brock et al., 2020). Вважається, що на території Європи *C. microcarpa* Тип 2 ($2n = 6x = 38$) є більш поширеним, однак сучасні ареали обох цитотипів наразі точно не встановлені, а поширення тетраплоїдної форми, яку за основними морфологічними ознаками поки що включають до *C. microcarpa* ($2n = 4x = 26$) (\equiv *Camelina intermedia*, nom. provis.), залишається значною мірою невідомим (Iljinska et al., 2007; Brock et al., 2022a,

2022b; Mandáková, Lysak, 2022). Раніше повідомлялося, що Східна Європа, а особливо Україна, є центром генетичного різноманіття гексаплоїдних цитотипів рижію (Ghamkhar et al., 2010). Більш того, сам вид *C. microcarpa* був вперше описаний на основі зразків, зібраних А. Анджейовським в Україні або, можливо, на прилеглий території Молдови (Mosyakin, Brock, 2021).

На жаль, всеохоплюючий аналіз генетичного поліморфізму рижію дрібноплідного в Україні наразі не проводився. Попередні дані підтверджують значну гетерогенність *C. microcarpa* в Україні та вказують на високу перспективність використання цих генотипів для вдосконалення культурного рижію (Sakharova et al., 2023). Проте, подібні дослідження вимагають аналізу первинних даних про особливості поширення *C. microcarpa* в Україні. Саме тому мета нашої роботи — встановити поширення рижію дрібноплідного в Україні, спираючись на колекції Національного гербарію України – Гербарію Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW) та на дані недавніх молекулярно-генетичних досліджень різноманіття цитотипів *C. microcarpa*.

Матеріали та методи

Дослідження проводили на основі аналізу гербарних зразків *C. microcarpa*, зібраних в Україні та депонованих у Національному гербарії України — Гербарії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (міжнародний акронім KW: Thiers, 2023–onward; Shiyan, 2011). Було використано 82 зразки з різних областей України (роки збору 1863–2019), повний список яких наведено в Табл. 1. Авторські номери зборів (наприклад, з індексом JRB, який був використаний у дослідженнях Brock et al., 2020, 2022a, 2022b), подані також в Табл. 1, наведено в дужках після коду гербарного зразка. Локалізацію генотипів *C. microcarpa*, котрі належать до різних цитотипів/риботипів, здійснювали на основі даних найактуальніших молекулярно-генетичних досліджень, опублікованих після 2000 р., що включали зразки українського походження (Žerdoner Čalasan et al., 2019; Brock et al., 2020, 2022a, 2022b). Локалізація місця збору типових зразків *C. microcarpa* була визначена, спираючись на опубліковані раніше результати (Mosyakin, Brock, 2021). Дані інших гербарних колекцій

у роботі не було розглянуто, оскільки, як відомо, зразки, використані в дослідженнях Brock et al. (2020, 2022a, 2022b), в Україні зберігаються лише в колекції KW. Електронними базами даних (наприклад, *iNaturalist*) на даному етапі ми поки що не послуговувалися, оскільки вони містять не завжди надійні відомості про місця знахідок рослин, а також досить часто мають помилкові визначення таксонів. Аналіз таких джерел потенційно може виявитися корисним, проте вимагає інших підходів порівняно з методами гербарної таксономії (див. De Vogel, 1987).

Результати та обговорення

Під час роботи було опрацьовано понад 200 зібраних в Україні гербарних зразків, що належать до видів роду *Camelina*. Матеріали історичних гербарних колекцій до даного аналізу залучені не були, окрім декількох зразків *C. microcarpa*, котрі мають категорію типових. Загалом у колекції "Флора України" (KW) виявлено близько 90 зразків *C. microcarpa*, зібраних у різних регіонах країни; проте деякі з них потребували перевизначення або уточнення визначень.

Наразі вважається, що на території України зростає декілька видів рижю. Окрім *C. microcarpa*, трапляються ще три, зокрема тетраплоїдний вид *C. rumelica* Velen., а також культурні (у вигляді здичавілих популяцій) гексаплоїди *C. sativa* та *C. alyssum* (Mill.) Thell. Такі диплоїдні види, як *C. laxa* S.A. Mey. та *C. hispida* Boiss. у своєму поширенні переважно обмежені їхніми первинними ареалами, близькими до центрів походження (Ірано-Туранський регіон), за винятком нечисленних випадків занесення в інші регіони. Інвазії цих двох диплоїдних видів є малоймовірними, а в Україні ці види наразі не виявлені.

Слід зауважити, що сучасні погляди на таксономію роду *Camelina* суттєво відрізняються від таких, що панували у попередні десятиліття. Так, гербарна колекція KW містить зразки, ідентифіковані як *C. glabrata* (DC.) Fritsch (зараз вважається синонімом *C. sativa*), *C. linicola* Shimp. & Spenn. (= *C. alyssum*), *C. pilosa* (DC.) N.W. Zinger (= *C. sativa*), котрі зараз розглядаються як синонімічні назви, які стосуються нині загальновідомих гексаплоїдних видів. Наводився також суперечливий таксон, *C. sylvestris* Wallr., який більшість дослідників розглядає як синонім

C. microcarpa (Smejkal, 1971; Warwick et al., 2006; Pjinska et al., 2007; Mosyakin, Blume, 2022), хоча інколи ця точка зору піддається сумніву (Dorofeyev, 2019). *Camelina sylvestris* морфологічно майже не відрізняється від *C. microcarpa*, а обидва види трапляються в змішаних популяціях й не розділяються географічно (Mirek, 1980; Pjinska et al., 2007). Через це рослини, ідентифіковані раніше як *C. sylvestris*, надалі в роботі ми розглядали як представників рижю дрібноплідного (наприклад, зразок KW000127291, зібраний в Одеській обл., між р. Великий Аджалик та с. Світле).

Зазначимо, що зрілі рослини *C. microcarpa* та *C. rumelica* доволі подібні та складно розрізняються за формою плодів. Однак у фазі цвітіння дані рослини легко ідентифікуються за розміром квіток, оскільки *C. rumelica* має в 1,5–2 рази більші пелюстки, ніж *C. microcarpa*. Також, пелюстки квіток двох видів мають різне забарвлення (у *C. microcarpa* жовті або жовтувато-білі, а у *C. rumelica* білі), однак відмінності у кольорі квіток неможливо встановити за гербарним матеріалом, оскільки з часом пігмент у пелюстках розкладається і знебарвлюється. Так, під час роботи також було виявлено три зразки виду *C. rumelica* (зібрані в Автономній республіці Крим), які були раніше помилково визначені як *C. microcarpa*. Аналогічна ситуація склалася із зразком KW000127242, який походить з Одеської обл., с. Маяки. І навпаки, зразок KW000009659, зібраний у 1971 р. (Івано-Франківська обл., с. Пійло), що раніше був визначений, як *C. albiflora* (Boiss.) N. Busch (раніше *C. sylvestris* var. *albiflora* Boiss. = *C. rumelica*; див. Al-Shehbaz, Barriera, 2019), був ідентифікований як *C. microcarpa* через значну морфологічну подібність плодів.

Таким чином, на основі даних про походження 82 зразків *C. microcarpa* було реконструйовано приблизний ареал поширення цього виду на території України (рис. 1). Раніше повідомлялося, що він трапляється майже на всій території України, окрім Карпат. Представники *C. microcarpa* частіше трапляються на Півдні України, у Степовій зоні, котра входить до Євразійського степового поясу, що є головним широтним міграційним коридором для поширення різних (переважно степових, але також і багатьох рудеральних та сеgetальних) видів судинних рослин в Євразії (Žerdoner Čalasan et al., 2019).

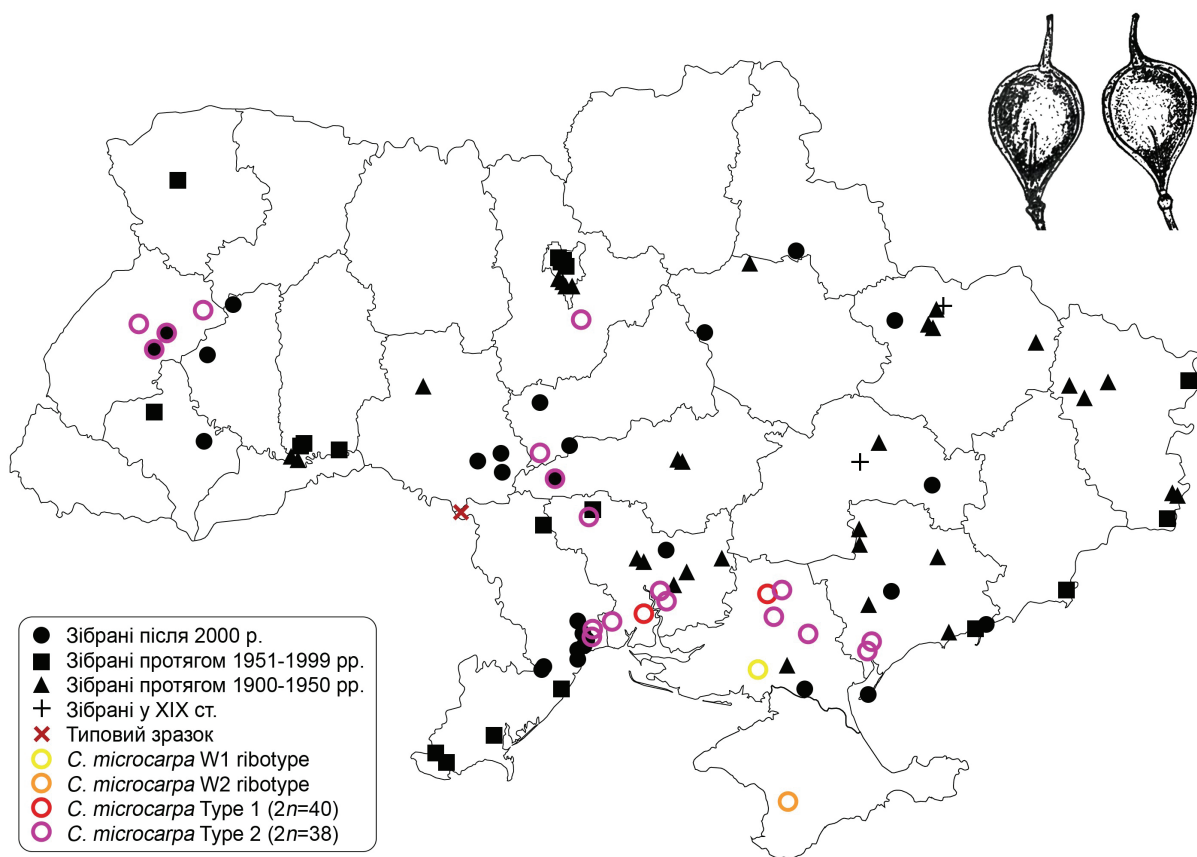


Рис. 1. Поширення *Camelina microcarpa* в Україні. На карті відмічені місця збору гербарних зразків з фондів Національного гербарію України (KW), а також місця збору рослин, що належать до різних цитотипів та риботипів (Žerdoner Čalasan et al., 2019; Brock et al., 2020, 2022a, 2022b). У правому верхньому кутку наведено ілюстрацію зовнішнього вигляду плодів *C. microcarpa*, зроблену з лектотипу — G00203789 (G-DC)

Fig. 1. Distribution of *Camelina microcarpa* in Ukraine. The map provides geographical localities of specimens from the KW Herbarium, and also collection localities of plants belonging to different cytotypes and ribotypes (see Žerdoner Čalasan et al., 2019; Brock et al., 2020, 2022a, 2022b). Drawings of fruits of *C. microcarpa* in the top right corner are drawn from the lectotype — G00203789 (G-DC)

Найвірогідніше, на територію України зі свого ймовірного центру походження (Кавказ, Ірано-Туранський регіон) цей вид у минулому потрапив саме шляхом розповсюдження по Степовій зоні, що також підтверджується значною поширеністю цього виду в степах Донецької та Луганської областей (Ostapko et al., 2010).

Рідше *C. microcarpa* було виявлено на Поліссі й Півночі України (Iljinska et al., 2007). Мала представленість зразків *C. microcarpa* поліського походження у Гербарії KW, імовірно, може бути пов'язана з меншою кількістю зборів у даному регіоні. Загалом у колекції "Флора України" (KW) не було виявлено достовірних зразків

C. microcarpa із Закарпатської, Чернівецької, Рівненської, Житомирської та Чернігівської областей. Три зразки з території АР Крим, визначені як *C. microcarpa*, насправді виявилися представниками *C. rumelica*, як було вказано вище. Однак за літературними даними цей таксон поширений і в Криму (Iljinska et al., 2007; Žerdoner Čalasan et al., 2019), зокрема на Керченському півострові (Diederichsen et al., 2012). *Camelina microcarpa*, поряд з *C. rumelica* та *C. sativa*, розглядаються як досить типові представники флори Кримського півострова (Yena, 2012).

У багатьох випадках занесення цього виду пов'язане з антропогенним фактором. Зокрема,

представники *C. microcarpa* були виявлені у великих містах (Київ, Харків, околиці Одеси, тощо), котрі вирізняються розвинутою залізничною (наприклад, залізничний вузол Ковель) або портовою інфраструктурою (рис. 1). Вважається, що саме залізничним транспортом цей вид був занесений на Закарпаття, в Ужгород (Pijsinska et al., 2007). Розселення рослин *C. microcarpa* подібним шляхом спостерігалось й в інших країнах. Так, було показано, що потрапляння даного виду в Західну Європу (зокрема, через територію колишньої Чехословаччини) здійснювалось трьома основними шляхами, один з яких (так званий 'Східний' міграційний шлях), пов'язаний з антропогенним перенесенням рослин по залізниці, в тому числі й через Україну (Jehlík, Hejný, 1974). Поява цього виду на прилеглих до залізниць територіях була відмічена й у західній частині Польщі (Latowski, Nowak-Szwarc, 2012).

Окремі випадки занесення різних видів рижю за межі їхніх первинних ареалів є доволі поширеним явищем. Зокрема, було відмічено, що вид *C. rumelica*, первинний ареал якого обмежується центром походження (Ірано-Туранський регіон) та Південно-Східною Європою (Pijsinska et al., 2007; Žerdoner Čalasan et al., 2019), наразі поширився у Західній Європі, зокрема у Словаччині (Eliáš et al., 2014), Чехії (Danilhelka et al., 2012), а також у деяких регіонах Азії, Африки та Північної Америки (за даними POWO: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:279868-1>). Також слід відзначити виявлення *C. laxa* в Чехії (Danilhelka et al., 2012), у той час, як цей вид зазвичай не виходить за межі свого первинного природного ареалу. Повідомлялося також про можливі знахідки виду *C. anomala* Boiss. & Hausskn. у Швеції (Karlsson, 2002), хоча в цьому випадку існує досить висока ймовірність помилкової ідентифікації. Зазвичай *C. anomala* розглядається як ендемічний вид Західної Азії, а його знахідки надзвичайно рідкісні (Mirek, 1984). Найбільш цікавим прикладом є занесення *C. stiefelwagenii* Bornm. (\equiv *C. hispida* Boiss. var. *stiefelwagenii* (Bornm.) Yild.), валідно описаного у 1941 р. з території Німеччини. Власне, на основі цього випадку занесення (імовірно, з території Туреччини) цей таксон і був номенклатурно встановлений (Yıldırım, 1998).

Нещодавно встановлено, що *C. microcarpa sensu lato* (у сучасному досить широкому

таксономічному розумінні цього таксона) є генетично неоднорідним видом (Žerdoner Čalasan et al., 2019; Chaudhary et al., 2020). Зокрема, було показано, що *C. microcarpa* поділяється на два риботипи, котрі до того ж сегреговані географічно: W (Західний, Європейський) та E (Східний, Азійський). Межа між територіями поширення цих двох риботипів проходить на північ від Каспію, приблизно по Уральських горах у їхній південній частині. Відповідно, у Європі поширений лише риботип W, який поділяється на дві окремі підгрупи: W1 та W2 (Žerdoner Čalasan et al., 2019). При цьому варто зазначити, що чіткого географічного розмежування риботипів W1 та W2 не виявлено. Україна в цьому відношенні не є винятком. За даними Žerdoner Čalasan et al. (2019), на території України трапляються обидва риботипи *C. microcarpa*, зокрема рослини риботипу W1 знайдені на півдні континентальної частини України, а W2 — в АР Крим (рис. 1). Відмітимо, що зразки *C. microcarpa* західного Причорноморського та Придунайського походження (Румунія, Молдова) здебільшого належали до W1, що є цікавим з огляду на походження і належну ідентифікацію типового матеріалу *C. microcarpa* з прилеглих регіонів (Mosyakin, Brock, 2021).

Поза тим, було показано, що зразки *C. microcarpa* також різняться за рівнями плоідності та хромосомними числами й представлені декількома хромосомними расами (цитотипами) (Martin et al., 2017, 2019; Chaudhary et al., 2020; Brock et al., 2022b; Mandáková, Lysak, 2022). За літературними даними встановлено, що в Україні, найвірогідніше, поширені обидва гексаплоїдні цитотипи: *C. microcarpa* Тип 1 ($2n = 6x = 40$) та *C. microcarpa* Тип 2 ($2n = 6x = 38$). Так, у роботі Brock et al. (2020) вказано, що переважна більшість зразків *C. microcarpa* українського походження належала до Північної або Південної популяцій (точніше, груп популяцій; тут термін "популяція" використовується у специфічному розумінні Brock et al., 2020) рижю дрібноплідного (включаючи зразки JRB184, JRB186, JRB187, JRB189, JRB191, JRB192, JRB193, JRB194, JRB196, JRB197, депоновані у KW, табл. 1). Два зразки, JRB205 та JRB220 (місце зберігання наразі невідоме), зібрані у Херсонській та Миколаївській областях, виявилися генетично ближчими до Кавказької популяції *C. microcarpa*. При цьому показано, що представники Кавказької

популяції належать виключно до *C. microcarpa* Тип 1 ($2n = 6x = 40$) (Chaudhary et al., 2020; Brock et al., 2022a), а згодом було підтверджено і хромосомне число $2n = 40$ для зразка JRB205 (Brock et al., 2022b).

Також було показано, що зразки JRB178, JRB184 (KW000134672), JRB187 (KW000134674), JRB197 (KW000134681), JRB202, JRB203, JRB208, JRB209 мають хромосомний набір $2n = 38$ та належать до Українських популяцій (Brock et al., 2020, 2022a). Спираючись на комбінацію даних можна стверджувати, що в Україні присутні обидва цитотипи *C. microcarpa* (рис. 1). Виявлення представників Кавказької популяції/цитотипу на території степової України значною мірою коригує і розширює уявлення про розповсюдження цієї форми *C. microcarpa* та підтверджує теорію про поширення представників *Camelina* Євразійським степовим поясом. Також, ці дані добре узгоджуються з виділенням Східної Європи, включно з Україною, як центру генетичного різноманіття гексаплоїдних рижів (Ghamkhar et al., 2010). З огляду на це можна було б також стверджувати, що міграційне поширення більшості видів *Camelina* переважно відбувалося саме Степовою зоною.

Достовірні дані про наявність тетраплоїдної форми *C. microcarpa* ($2n = 26$) (*Camelina intermedia*, пом. provis.) в Україні (або в інших частинах Європи) відсутні. Наразі відомо про наявність цього цитотипу в степовій частині Монголії та Росії, а також про занесення тетраплоїдної форми на територію Канади (Martin et al., 2017; Mandáková, Lysak, 2022). Раніше повідомлялося, що представники тетраплоїдного рижію дрібноплідного здатні співіснувати в популяціях разом з гексаплоїдними формами (Martin et al., 2017). Про можливість співіснування двох цитотипів гексаплоїдного рижію дрібноплідного інформації поки що немає, але слід зауважити, що, з огляду на представлені в цій роботі результати, чіткого географічного розмежування між цими формами, вірогідно, не існує. Також, відсутні дані про можливі діагностично значущі морфологічні відмінності трьох цитотипів, що значно ускладнює їхню надійну ідентифікацію, яка зараз можлива лише за допомогою молекулярно-генетичних досліджень (Mandáková, Lysak, 2022). Однак, робота з аналізу популяційної структури *C. microcarpa* в Україні та оцінки генетичного різноманіття цього виду наразі

продовжується, тому слід очікувати результатів у майбутньому (Sakharova et al., 2023).

На сьогодні таксономія *C. microcarpa* aggr. залишається недостатньо вивченою. Зокрема виникають питання щодо приналежності типового матеріалу *C. microcarpa* (G00203789, KW001003103, KW001003104, KW001003105) до того чи іншого з описаних цитотипів. Уточнення цього питання могло б вплинути на подальшу таксономічну ревізію групи *C. microcarpa* aggr. Разом із цим, недостатньо зрозумілою залишається таксономічна приналежність декількох видових назв, які наразі розглядаються як синоніми рижію дрібноплідного, але які можуть потенційно належати до різних цитотипів (Mandáková, Lysak, 2022). Зокрема, таксономічно проблемними, суперечливими або недостатньо з'ясованими лишаються такі назви, як *C. sylvestris*, *C. longistyla* Bordz., *C. paphlagonica* Bornm., *C. bornmuelleriana* Hub.-Mor. & Reese, *C. microphylla* C.H. An, *C. transbaicalensis* (Vassilcz.) Vassilcz., тощо. Нещодавно нами було показано, що ревізія деяких з цих синонімів може бути здійснена виключно таксономічно. Так, видова назва *C. armeniaca* Desv., яка раніше помилково розглядалася як синонім або можлива пріоритетна назва для *C. microcarpa*, після лектотипіфікації була ідентифікована як представник культурного рижію і, відповідно, тепер має розглядатися як синонім назви *C. sativa* (Mosyakin, Blume, 2022). Якщо таксономічна ревізія буде ґрунтуватися також і на результатах молекулярно-генетичних досліджень, це дозволить уточнити не лише видову приналежність спірних таксонів, але й уможливить точнішу ідентифікацію окремих груп *C. microcarpa*, які можуть бути використані для міжвидової гібридизації з *C. sativa* з метою генетичного покращення цієї важливої олійної культури.

Висновки

За результатами аналізу даних щодо поширення *C. microcarpa* на основі матеріалів Національного гербарію України (KW) було показано, що рижій дрібноплідний розповсюджений майже по всій території України, але найчастіше трапляється у Степовій зоні. Представники цього виду на території України є доволі генетично гетерогенними. Так, встановлено, що на півдні України наявні принаймні два цитотипи

Таблиця 1. Місця збору гербарних зразків *Camelina microcarpa* (KW), використаних для встановлення (визначення) поширення цього виду в Україні
 Table 1. Collection localities of herbarium specimens of *Camelina microcarpa* (KW) used for our analysis of its distribution patterns in Ukraine

№	Номер каталогу та папки	Код зразка	Місце походження зразка	Рік збору
1	108-1-5	KW000134673 / (JRB186)	Львівська обл., с. Переліски, Бродівський район, N 49.57184 E 25.10969	2017
2	108-1-5	KW000134672 / (JRB184)	Львівська обл., 3 км на схід від с. Куровичі, Золочівський р-н, N 49.45352 E 24.31245	2017
3	108-1-5	KW000134674 / (JRB187)	Львівська обл., с. Підгайчики, Золочівський р-н, N 50.02008 E 25.16306	2017
4	108-1-5	KW000134675 / (JRB189)	Тернопільська обл., м. Кременець, N 50.05687 E 25.43927	2017
5	108-1-5	KW000134676 / (JRB191)	Черкаська обл., м. Тальне, N 48.53855 E 30.40791	2017
6	108-1-5	KW000134677 / (JRB192)	Черкаська обл., 6 км на південний захід від м. Жашків N 49.10720 E 30.10151	2017
7	108-1-5	KW000134678 / (JRB193)	Вінницька обл., між с. Городок та с. Леухи, N 48.56511 E 29.36114	2017
8	108-1-5	KW000134679 / (JRB194)	Вінницька обл., смт. Теплик, N 48.40850 E 29.44028	2017
9	108-1-5	KW000134680 / (JRB196)	Вінницька обл., між с. Шляхова та с. Джулинка, N 48.28212 E 29.47938	2017
10	108-1-5	KW000134681 / (JRB197)	Кіровоградська обл., с. Станіславове, Благовіщенський р-н, N 48.23257 E 30.18325	2017
11	108-2-1	KW000140071	Запорізька обл., західна околиця с. Куликівське, Бердянський р-н	2013
12	108-2-1	KW000140096	Дніпровська обл., Південно-західна околиця с. Добровілля, Васильківський район	2019
13	108-2-1	KW000133416	Харківська обл., смт. Ков'яги	2014
14	108-2-1	KW000001461	Харківська обл., 3,2 км на північний схід від м. Куп'янськ	1912
15	108-2-1	KW s. n.	Харківська обл., околиця м. Харків	1921
16	108-2-1	KW s. n.	Харківська обл., с. Бірки, Зміївський район	1922
17	108-2-1	KW s. n.	Харківська обл., с. Бірки, Зміївський район	1922
18	108-2-1	KW s. n.	м. Харків [район Журавлівка], (Харківська обл.)	1863
19	108-2-1	KW000005505	м. Київ (залізниця біля Байкового кладовища)	1921
20	108-2-1	KW000005506	м. Київ (залізниця біля Байкового кладовища)	1921
21	108-2-1	KW s. n.	м. Київ (залізниця біля Байкового кладовища)	1921
22	108-2-1	KW s. n.	Правобережний Лісостеп, біля залізниці нас. п. Сталінка [м. Заводське, Полтавська обл.]	1921
23	108-2-1	KW s. n.	Одеська обл., с. Маяки	2002
24	108-2-2	KW000102425	Сумська обл., Липоводолинський район	Після 2000
25	108-2-2	KW000010536	м. Київ, Поділ, вул. Межигірська	1991
26	108-2-2	KW000111922	Миколаївська обл., с. Водяно-Лорине, заповідний Єланецький степ	2014
27	108-2-2	KW000111932	Херсонська обл., с. Василівка (Новотроїцький р-н!), о-в Чурюк	2014
28	108-2-2	KW000010538	м. Київ, Поділ, вул. Межигірська	1991
29	108-2-2	KW000010535	м. Київ, Поділ, вул. Межигірська	1991
30	108-2-2	KW000009202	м. Київ, Байкове — Деміївка	1902
31	108-2-2	KW000088500	Івано-Франківська обл., між с. Жабокрук та с. Герасимов	2010
32	108-2-2	KW000127291	Одеська обл., між р. Великий Аджалик та с. Світле	2005
33	108-2-2	KW000127243	Одеська обл., с. Ліски	2004
34	108-2-2	KW000127292	Одеська обл., між с. Іваново (Свердлово) та с. Благодатне	2005
35	108-2-2	KW000127248	Одеська обл., між с. Сербка та с. Новомиколаївка	2005
36	108-2-2	KW000127247	Одеська обл., між с. Світле та з/д ст. Куліндорове	2005

Таблиця 1. (продовження)
Table 1. (continued)

№	Номер каталогу та папки	Код зразка	Місце походження зразка	Рік збору
37	108-2-2	KW000127801	Полтавська обл., біля с. Оржиця на р. Гнила Оржиця	2016
38	108-2-2	KW000132617	Запорізька обл., Коса Бірючий острів, N 46.10103 E 35.03561	2018
39	108-2-2	KW000132616	Запорізька обл., окол. с. Виноградне, N 47.24127 E 35.57698	2018
40	108-2-3	KW s. n.	Донецька обл., с. Хомутово, запов. Хомутовський степ	1953
41	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., с. Криничне, берег р. Черпаха	1959
42	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., Стрільцівський степ, Перелог	1957
43	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., с. Кабанне, р. Красна	1932
44	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., Провальський степ, на схилі балки Ковалевої	1936
45	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., Провальський степ, Королівські скелі	1936
46	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., с. Нова Астрахань [Старобільський повіт]	1902
47	108-2-3	KW000010537	м. Київ, ст. м. Петрівка, з/д	1991
48	108-2-3	KW s. n.	Луганська обл., Старобільський р-н [Харківська губ., Старобільський повіт]	До 1925
49	108-2-3	KW000009659	Івано-Франківська обл., с. Пійло	1978
50	108-2-3	KW s. n.	Вапнякові кам'янисті схили по [Півд.] Буту, Солониха [с. Петрово-Солониха Миколаївського району Миколаївської області, збір П. Опшермана]	1928
51	108-2-4	KW000119629	Одеська обл., с. Маяки, південна околиця	2014
52	108-2-4	KW000119628	Одеська обл., с. Верхній Куяльник	2005
53	108-2-4	KW s. n.	Миколаївська обл.	1926
54	108-2-4	KW s. n.	Миколаївська обл.	1926
55	108-2-4	KW s. n.	Миколаївська обл., с. Інгулка	1949
56	108-2-4	KW s. n.	Миколаївська обл., м. Баштанка	1949
57	108-2-4	KW s. n.	Миколаївська обл., с. Володимирівка	1949
58	108-2-4	KW s. n.	Миколаївська обл., Первомайський район	1988
59	108-2-4	KW s. n.	Одеська обл., с. Жовтневе	1952
60	108-2-4	KW s. n.	Одеська обл., с. Озерне, берег оз. Ялпуг	1972
61	108-2-4	KW s. n.	Одеська обл., с. Затока / с. Кароліно-Бугаз, вздовж Дністровського лиману	1971
62	108-2-4	KW s. n.	Одеська обл., околиці м. Болград	1971
63	108-2-4	KW00067401	Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський, р. Смотрич	1996
64	108-2-4	KW s. n.	Херсонська обл., Асканія-Нова, урочище Кролі	1925
65	108-2-4	KW s. n.	Запорізька обл., м. Приморськ [м. Ногайськ]	1915
66	108-2-4	KW s. n.	Запорізька обл., с. Біленьке в бік с. Лисогірка	1930
67	108-2-4	KW s. n.	Запорізька обл., м. Пологи	1928
68	108-2-4	KW s. n.	Запорізька обл., о-в Хортиця	1927
69	108-2-4	KW s. n.	Запорізька обл., с. Новобогданівка	1911
70	108-2-4	KW s. n.	Запорізька обл., м. Бердянськ	1969
71	108-2-4	KW s. n.	Одеська обл., між с. Нерушай та с. Десантне	1971
72	108-2-5	KW s. n.	Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський	1980
73	108-2-5	KW s. n.	Хмельницька обл., с. Жванець	1949
74	108-2-5	KW s. n.	Хмельницька обл., с. Жванець	1949
75	108-2-5	KW s. n.	Хмельницька обл., с. Стара Ушиця	1978
76	108-2-5	KW s. n.	Волинська обл., м. Ковель	1984
77	108-2-5	KW s. n.	Вінницька обл., м. Вінниця	1924
78	108-2-6	KW s. n.	Кіровоградська обл., м. Кропивницький [?]	1921
79	108-2-6	KW s. n.	Кіровоградська обл., м. Кропивницький, р-н Балашівка	1921
80	108-2-6	KW s. n.	Дніпропетровська обл., м. Дніпро	1853
81	108-2-6	KW s. n.	Дніпропетровська обл., між с. Орловщина та м. Новомосковськ, на лівому березі р. Самари	1926
82	108-2-6	KW s. n.	Черкаська обл., с. Прохорівка та с. Сушки, на березі р. Дніпро	1940

гексаплоїдного рижію дрібноплідного, один з яких, вірогідно, походить з Кавказу. Раніше вважалося, що ареал кавказького *C. microcarpa* Тип 2 ($2n = 6x = 38$) обмежений лише ймовірним первинним ареалом походження виду, однак наявність цієї форми в Україні вказує на здатність представників роду *Camelina* доволі вдало поширюватися Євразійським степовим поясом. Також показано наявність в Україні двох риботипів рижію дрібноплідного західного типу (W1 та W2). Слід зазначити, що чіткого розмежування ареалів між будь-якими формами гексаплоїдного рижію не спостерігалось. Отримані результати дозволяють уточнити ареал *C. microcarpa* в Україні та вперше окреслити межі поширення різних форм цього виду рижію. Поряд із цим виникає питання щодо таксономічної приналежності типового матеріалу виду *C. microcarpa* (та й типів деяких його синонімічних назв), що може стати підґрунтям для майбутньої детальнішої таксономічної ревізії групи *C. microcarpa* aggr. У подальшому дані цього дослідження, разом з розширенням досліджень за рахунок вивчення колекцій інших гербаріїв (що ми плануємо на майбутнє), можуть бути використані також при вивченні популяційної

структури представників *C. microcarpa*, котрі походять з різних регіонів України, та дозволять скоригувати результати подібного дослідження.

Подяки

Дослідження проведені в рамках проекту для дослідницьких груп молодих вчених НАН України "Генетичне різноманіття та популяційно генетична структура рижію дрібноплідного в українській частині його центру походження", 2022–2023 рр. (Державний реєстраційний № 0122U002196).

ДОТРИМАННЯ ЕТИЧНИХ НОРМ

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

Р.Я. Блюм:  <https://orcid.org/0000-0003-4936-1803>
 В.Г. Сахарова:  <https://orcid.org/0000-0002-7335-8252>
 А.М. Рабокоть:  <https://orcid.org/0000-0002-6249-1824>
 Н.М. Шиян:  <https://orcid.org/0000-0001-8144-5623>
 С.Л. Мосякін:  <https://orcid.org/0000-0002-3570-3190>
 Я.Б. Блюм:  <https://orcid.org/0000-0001-7078-7548>

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Al-Shehbaz I.A., Barrera G. 2019. Typification of Edmond Boissier's *Cruciferae* (*Brassicaceae*) names enumerated in Flora Orientalis. *Boissiera*, 72: 1–192.
- Blume R.Y., Rakhmetov D.B., Blume Y.B. 2022. Evaluation of Ukrainian *Camelina sativa* germplasm productivity and analysis of its amenability for efficient biodiesel production. *Industrial Crops and Products*, 187B: 115477. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115477>
- Blume R.Y., Rabokon A.M., Postovoirova A.S., Demkovich A.Ye., Pirkova V., Yemets A.I., Rakhmetov D.B., Blume Ya.B. 2020. Evaluating the diversity and breeding prospects of Ukrainian spring camelina genotypes. *Cytology and Genetics*, 54(5): 420–436. <https://doi.org/10.3103/S0095452720050084>
- Brock J.R., Ritchey M.M., Olsen K.M. 2022a. Molecular and archaeological evidence on the geographical origin of domestication for *Camelina sativa*. *American Journal of Botany*, 109(7): 1177–1190. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16027>
- Brock J.R., Dönmez A.A., Beilstein M.A., Olsen K.M. 2018. Phylogenetics of *Camelina* Crantz (*Brassicaceae*) and insights on the origin of gold-of-pleasure (*Camelina sativa*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127: 834–842. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.06.031>
- Brock J.R., Mandáková T., Lysak M.A., Al-Shehbaz I.A. 2019. *Camelina neglecta* (*Brassicaceae*, *Camelineae*), a new diploid species from Europe. *PhytoKeys*, 115: 51–57. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.115.31704>
- Brock J.R., Scott T., Lee A.Y., Mosyakin S.L., Olsen K.M. 2020. Interactions between genetics and environment shape *Camelina* seed oil composition. *BMC Plant Biology*, 20: 423. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02641-8>
- Brock J.R., Mandáková T., McKain M., Lysak M.A., Olsen K.M. 2022b. Chloroplast phylogenomics in *Camelina* (*Brassicaceae*) reveals multiple origins of polyploid species and the maternal lineage of *C. sativa*. *Horticulture Research*, 9: uhab050. <https://doi.org/10.1093/hortre/uhab050>
- Chaudhary R., Koh C.S., Kagale S., Tang L., Wu S.W., Lv Z., Mason A.S., Sharpe A.G., Diederichsen A., Parkin I.A.P. 2020. Assessing diversity in the *Camelina* genus provides insights into the genome structure of *Camelina sativa*. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10(4): 1297–1308. <https://doi.org/10.1534/g3.119.400957>
- Danihelka J., Chrtěk Jr.J., Kaplan Z. 2012. Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia*, 84: 647–811.

- De Vogel E.F. (ed.) 1987. *Manual of herbarium taxonomy: Theory and practice*. Jakarta, Indonesia: UNESCO, Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia, x + 164 pp.
- Diederichsen A., Rozhkov R.V., Korzhenevsky V.V., Boguslavsky R.L. 2012. Collecting genetic resources of crop wild relatives in Crimea, Ukraine, in 2009. *Crop Wild Relative*, 8: 34–38.
- Dorofeyev V.I. 2019. *Camelina* (*Cruciferae*, *Brassicaceae*): structure of the genus and list of species. *Vavilovia*, 2(2): 3–24. [Дорофеев В.И. 2019. РЫЖИК — *Camelina* (*Cruciferae*, *Brassicaceae*): внутривидовая структура и видовой состав. *Vavilovia*, 2(2): 3–24]. <https://doi.org/10.30901/26583860201923-24>
- Eliáš P., Dítě D., Hajnalová M., Eliašová M. 2014. Current occurrence of rare weed *Camelina rumelica* (Čelak.) Velen. in Slovakia. *Thaiszia — Journal of Botany*, 24 (2): 101–109.
- Galasso I., Manca A., Braglia L., Ponzoni E., Breviario D. 2015. Genomic fingerprinting of *Camelina* species using cTBP as molecular marker. *American Journal of Plant Sciences*, 6: 1184–1200. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.68122>
- Ghamkhar K., Croser J., Aryamanesh N., Campbell M., Kon'kova N., Francis C. 2010. *Camelina* (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as an alternative oilseed: molecular and ecogeographic analyses. *Genome*, 53(7): 558–567. <https://doi.org/10.1139/g10-034>
- Ijinska A.P., Didukh Ya.P., Burda R.I., Korotchenko I.A. 2007. *Ecoflora of Ukraine*. Vol. 5. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Phytosociocentre, 584 pp. [Ільїнська А.П., Дідух Я.П., Бурда Р.І., Коротченко І.А. 2007. *Екофлора України*. Т. 5. Відпов. ред. Я.П. Дідух. Київ: Фітосоціоцентр, 584 с.].
- Jehlík V., Hejný S. 1974. Main migration routes of adventitious plants in Czechoslovakia. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 9: 241–248. <https://doi.org/10.1007/BF02853146>
- Karlsson T. 2002. Nyheter i den svenska kärlväxt flora II. Korsblommiga — flockblommiga. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 96: 186–206.
- Latowski K., Nowak-Szwarc K. 2012. Characteristics of the vascular flora on a local railway line in western Poland. *Ukrainian Botanical Journal*, 69(5): 694–707.
- Luo Z., Brock J., Dyer J.M., Kutchan T., Schachtman D., Augustin M., Ge Y., Fahlgren N., Abdel-Haleem H. 2019. Genetic diversity and population structure of a *Camelina sativa* spring panel. *Frontiers in Plant Science*, 10: 184. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00184>
- Manca A., Pecchia P., Mapelli S., Masella P., Galasso I. 2012. Evaluation of genetic diversity in a *Camelina sativa* (L.) Crantz collection using microsatellite markers and biochemical traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60: 1223–1226. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9913-8>
- Mandáková T., Pouch M., Brock J.R., Al-Shehbaz I.A., Lysak M.A. 2019. Origin and evolution of diploid and allopolyploid *Camelina* genomes were accompanied by chromosome shattering. *Plant Cell*, 31(11): 2596–2612. <https://doi.org/10.1105/tpc.19.00366>
- Mandáková T., Lysak M.A. 2022. The identification of the missing maternal genome of the allohexaploid camelina (*Camelina sativa*). *The Plant Journal*, 112: 622–629. <https://doi.org/10.1111/tpj.15931>
- Martin S.L., Smith T.W., James T., Shalabi F., Kron P., Sauder C.A. 2017. An update to the Canadian range, abundance, and ploidy of *Camelina* spp. (*Brassicaceae*) east of the Rocky Mountains. *Botany*, 95(4): 405–417. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0070>
- Martin S.L., Lujan-Toro B.E., Sauder C.A., James T., Ohadi S., Hall L.M. 2019. Hybridization rate and hybrid fitness for *Camelina microcarpa* Andr. ex DC (♀) and *Camelina sativa* (L.) Crantz. *Evolutionary Applications*, 12: 443–455. <https://doi.org/10.1111/eva.12724>
- Mirek Z. 1980. Taxonomy and nomenclature of *Camelina pilosa* auct. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 49(4): 553–561. <https://doi.org/10.5586/asbp.1980.050>
- Mirek Z. 1984. Monographic studies in genus *Camelina* Cr.1. *Camelina anomala* Boiss. et Hausskn. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 53(3): 429–432. <https://doi.org/10.5586/asbp.1984.038>
- Mosyakin S.L., Brock J.R. 2021. On the proper type designation for *Camelina microcarpa*, a wild relative and possible progenitor of the crop species *C. sativa* (*Brassicaceae*). *Candollea*, 76(1): 55–63. <https://doi.org/10.15553/c2021v761a4>
- Mosyakin S.L., Blume R.Y. 2022. On the taxonomic identity of *Camelina armeniaca* (*Brassicaceae*), a forgotten early name in *Camelina*. *Botanica (Vilnius)*, 28(2): 81–90. <https://doi.org/10.35513/Botlit.2022.2.1>
- Ostapko V.M., Boiko G.V., Mosyakin S.L. 2010. *Vascular plants of the Southeast of Ukraine*. Donetsk: Knowledge Publ., 247 pp. [Остапко В.М., Бойко А.В., Мосякин С.Л. 2010. *Сосудистые растения юго-востока Украины*. Донецк: Наулідж, 247 с.].
- Sakharova V.H., Blume R.Ya., Rabokon A.N., Pirko Ya.V., Blume Ya.B. 2023. Efficiency of genetic diversity assessment of little-pod false flax (*Camelina microcarpa* Andr. ex DC.) in Ukraine using SSR- and TBP-marker systems. *Reports of National Academy of Sciences of Ukraine*, 4: 85–94. [Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Рабоконе А.М., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. 2023. Ефективність оцінки генетичної різноманітності рижю дрібноплідного (*Camelina microcarpa* Andr. ex DC.) в Україні за допомогою SSR- та TBP-маркерів. *Доповіді Національної академії наук України*, 4: 85–94]. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.04.093>
- Shiyan N.M. (ed.) 2011. *Herbaria of Ukraine. Index Herbariorum Ucrainicum*. Kyiv: Alterpress, 442 pp. [Шиян Н.М. (ред.-укл.). 2011. *Гербарії України. Index Herbariorum Ucrainicum*. Київ: Альтерпрес, 442 с.].

- Sinskaya [Sinskaja] E.N. 1928. The oleiferous plants and root crops of the family *Cruciferae*. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*, 19(3): 1–648. [Синская Е.Н. 1928. Масличные и корнеплоды семейства *Cruciferae*. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 19(3): 1–648].
- Sinskaya [Sinskaja] E.N., Bestuzheva [Beztuzheva] A.A. 1931. The forms of *Camelina sativa* in connection with climate, flax and man. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*, 25: 98–200. [Синская Е.Н., Бестужева А.А. 1931. Формы рьжика (*Camelina sativa*) в их отношении к климату, льну и человеку. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 25: 98–200].
- Smejkal M. 1971. Revision der Tschechoslowakischen Arten der Gattung *Camelina* Crantz (*Cruciferae*). *Preslia*, 43: 318–337.
- Tedin O. 1925. Vererbung, Variation und Systematik in der Gattung *Camelina*. *Hereditas*, 6: 275–386. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1925.tb03143.x>
- Thiers B. 2023–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 15 August 2023).
- Vollmann J., Eynck C. 2015. *Camelina* as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, 10: 525–535. <https://doi.org/10.1002/biot.201400200>
- Warwick S.I., Francis A., Al-Shehbaz I.A. 2006. *Brassicaceae*: Species checklist and database on CD-Rom. *Plant Systematics and Evolution*, 259: 249–258. <https://doi.org/10.1007/s00606-006-0422-0>
- Yena A.V. 2012. *Spontaneous flora of the Crimean Peninsula*. Simferopol: N. Orianda, 232 pp. [Ена А.В. 2012. *Природная флора Крымского полуострова*. Симферополь: Н. Орианда, 232 с.].
- Yildirimli Ş. 1998. A new combination and status, and typification for *Camelina* (*Brassicaceae*). *Ot Sistematiik Botanik Dergisi*, 5(2): 1–4.
- Zanetti F., Alberghini B., Jeromela A.M., Grahovac N., Rajkovic D., Kiproviski B., Monti A. 2021. *Camelina*, an ancient oilseed crop actively contributing to the rural renaissance in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41: 2. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00663-y>
- Žerdoner Čalasan A., Seregin A.P., Hurka H., Hofford N.P., Neuffer B. 2019. The Eurasian steppe belt in time and space: Phylogeny and historical biogeography of the false flax (*Camelina* Crantz, *Camelineae*, *Brassicaceae*). *Flora*, 260: 151477. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151477>
- Zinger N.V. 1909. On *Camelina* and *Spergula* species contaminating flax crops and their origin. *Travaux du Musée botanique de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg*, 6: 1–303. [Цингер Н.В. 1909. О засоряющих посевы льна видах *Camelina* и *Spergula* и их происхождении. *Труды Ботанического музея Академии наук*, 6: 1–303].

Distribution and infraspecific diversity of little-pod false flax (*Camelina microcarpa*, *Brassicaceae*) in Ukraine

R.Y. BLUME¹, V.H. SAKHAROVA¹, A.M. RABOKON¹,
A.V. SHUMILOVA², N.M. SHIYAN², S.L. MOSYAKIN², Y.B. BLUME¹

¹ Institute of Food Biotechnology and Genomics, National Academy of Sciences of Ukraine,

2a Baidy-Vyshnevetzkoho Str., 04123 Kyiv, Ukraine

² M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine,

2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

Abstract. False flax (*Camelina sativa*, *Brassicaceae*), an emerging biofuel oilseed crop, demonstrates a very limited genetic diversity, which conditioned the high scientific interest to its closest wild relative, *C. microcarpa*, which is suitable for interspecific hybridization with *C. sativa*. However, *C. microcarpa* (as currently understood) is a genetically non-uniform and morphologically variable species that consists of several distinct ribotypes and cytotypes with varying ploidy levels. Little-pod false flax diversity remains understudied in Ukraine, despite the country is one of genetic diversity hotspots of this species. Therefore, in the present study we aimed to clarify the distribution patterns of *C. microcarpa* and its various infraspecific forms in Ukraine, based on the collections of the National Herbarium of Ukraine (KW). In particular, it has been demonstrated that *C. microcarpa* occurs at present over the almost whole territory of Ukraine and is represented by two distinct hexaploid cytotypes, as well as by two Western-type ribotypes (W1 and W2). The obtained results clarify the actual distribution range of *C. microcarpa* in Ukraine and for the first time allows to delineate its various forms there, which in the future can be used for further studies of the population structure of representatives of *C. microcarpa* in Ukraine.

Keywords: *Brassicaceae*, *Brassicaceae*, *Camelina microcarpa*, crop wild relatives, distribution, little-pod false flax, oilseed crop, Ukraine



Василь Петрович Гелюта (з нагоди 70-річчя з дня народження)

Vasyl P. Heluta (the 70th anniversary)

На початку січня цього року мікологічна й ботанічна спільноти відзначили ювілей відомого українського міколога, доктора біологічних наук, професора, завідувача відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України Василя Петровича Гелюти.

Майбутній вчений народився 7 січня 1954 р. в с. Висунськ Березнегуватського (нині Баштанського) району Миколаївської обл., але незабаром його сім'я повернулася на Волинь, звідки походили його батьки. Саме там, в оточенні мальовничої природи Полісся, і пройшли дитинство та шкільні роки Василя Петровича, що сприяло формуванню його як особистості та вибору життєвого шляху. Після закінчення Старовижівської середньої школи в 1971 р. році він вступив до Київського державного університету імені Тараса Шевченка, на біологічний факультет. Під час навчання в університеті виявилась його особлива схильність до мікології та ботаніки, а об'єктом його дипломної роботи стали борошністоросяні гриби (родина *Erysiphaceae*) Українського степового природного заповідника. Так зі студентського наукового дослідження видового складу обраної групи грибів у межах одного заповідника Василь Петрович розпочав вивчення різноманітності борошністоросяних грибів України. Саме цій надзвичайно важливій групі грибів, які є облигатними паразитами судинних рослин і можуть викликати епіфітотії борошнистої роси багатьох сільськогосподарських і декоративних культур, він і присвятив значну частину свого наукового пошуку. Одразу після закінчення університету в 1976 р. Василь



Петрович був направлений за розподілом до Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного АН УРСР (тепер НАН України), де й розпочав працювати інженером у відділі мікології і ліхенології. Відтоді його подальший життєвий шлях і професійна діяльність пов'язані саме з цією науковою установою, де під час навчання в аспірантурі він продовжив дослідження тієї ж групи біотрофних грибів, а в 1980 р. успішно захистив кандидатську дисертацію "Борошністоросяні гриби (родина *Erysiphaceae*) степової зони України".



В.П. Гелюта зі студентами М.О. Зиковою і К.Г. Савченком, які згодом стали аспірантами відділу мікології Інституту ботаніки, та дружиною Л.І. Бурдюковою на березі Виживки під час походу по ріках та озерах Волині (2009 р.)

Важливим підґрунтям для подальших наукових досягнень ювіляра стало здійснення ним планомірних мікологічних обстежень різних регіонів країни, систематичність і послідовність у колекціонуванні мікологічного матеріалу, уважність до важливих деталей, зацікавленість у використанні нових підходів і методів досліджень. Зібрані Василем Петровичем матеріали, опрацьовані ним зразки, зібрані іншими дослідниками, зокрема проф. С.Ф. Морочковським і проф. І.О. Дудкою, та літературні відомості, результати власних багаторічних польових досліджень і проведений ним таксономічний перегляд видового складу борошнесторосяних грибів стали основою для монографічного зведення із серії "Флора грибів України" (1989 р.), в якому були узагальнені дані про різноманітність цих грибів в Україні, а кількість відомих на території країни видів зросла з 45 до 115. Ця монографія В.П. Гелюти здобула високу оцінку вітчизняних і зарубіжних мікологів. Запропонована у ній схема районування території України була прийнята для подальших випусків багатотомного

видання "Флора грибів України", присвячених іншим таксономічним групам грибів, і використовується сучасними мікологами дотепер.

Здійснення порівняльного аналізу видової різноманітності борошнесторосяних грибів різних регіонів світу дозволило В.П. Гелюти для цих грибів не лише встановити типи ареалів і виділити географічні елементи, а й запропонувати гіпотезу про центри їхнього походження і час виникнення, а також міграційні шляхи видів родини *Erysiphaceae*. Сформульована автором ще на початку 1980-х років, ця гіпотеза й нині не втрачає своєї актуальності і знаходить підтвердження за результатами новітніх молекулярних досліджень. До того ж, вона пояснює закономірності формування видового складу борошнесторосяних грибів на різних континентах світу. Використання території України як модельного об'єкту дало змогу В.П. Гелюти розробити методику географічного аналізу видового складу цих грибів у поєднанні з висновками про ймовірні міграції видів. Такий мікофлорогенетичний аналіз дає можливість зрозуміти, яким чином

відбувалось формування видової різноманітності борошністоросяних грибів будь-якого регіону Європи чи Азії. Ці та інші теоретичні узагальнення були викладені В.П. Гелютою у його докторській дисертації "Борошністоросяні гриби (порядок *Erysiphales*): поширення на території України, еволюція і систематика" (1992).

Вагомим внеском у розвиток таксономічних досліджень грибів стала розроблена В.П. Гелютою оригінальна система колишнього порядку *Erysiphales*. Загалом ним опубліковано понад 90 номенклатурно-таксономічних новацій для таксонів грибів різних рангів із різних систематичних груп, зокрема встановлено рід *Golovinomyces* (U. Braun) V.P. Heluta, запропоновано низку внутрішньородових таксонів роду *Leveillula* G. Arnaud, описано 34 нові для науки види, у тому числі й один викопний, знайдений у рівненському бурштині, запропоновано понад 30 нових номенклатурних комбінацій видового рангу. Ще в докторській дисертації він передбачив доцільність таксономічного визнання декількох нових родів борошністоросяних грибів, два з яких нещодавно описано на південноамериканських матеріалах завдяки молекулярним

дослідженням. Ряд видів В.П. Гелюта описав як нові для науки не лише на українських матеріалах, а й з територій Кавказу, Закавказзя, Далекого Сходу, Балкан, Ізраїлю, країн Північної та Південної Америки.

Як приклад таксономічних опрацювань можна навести запропоновану В.П. Гелютою разом з відомим вірменським мікологом С.А. Симонян систему одного з найскладніших для таксономічних досліджень серед борошністоросяних грибів роду — *Leveillula*. Види цього роду поширені в аридних регіонах, де викликають небезпечні хвороби культурних рослин, зокрема бавовнику, овочевих та кормових культур. Запропонований авторами оригінальний комплексний підхід до оцінки морфологічних ознак представників цього роду дає можливість описувати нові для науки види. Про це йдеться зокрема у виданні "Мир растений" (1991), а В.П. Гелюта є єдиним цитованим у ньому українським мікологом.

Втім коло наукових інтересів В.П. Гелюти як міколога є значно ширшим і охоплює не лише родину *Erysiphaceae* і взагалі не лише сумчасті гриби (відділ *Ascomycota*). Він є також визнаним



Байдарка – один з найліпших видів експедиційного транспорту. У верхів'ях р. Прип'ять (2009 р.)



В.П. Гелюта з аспіранткою С.О. Войтюк під час експедиційного виїзду до "еволюційного каньйону". Ізраїль, околиця м. Хайфа (2005 р.)

фахівцем із групи базидієвих грибів, що належать до порядку *Boletales*, і на цей час завершує роботу над ще одним томом монографічного видання "Гриби України", присвяченим болютоїдним грибам. Василь Петрович зосереджує свою увагу і на вивченні інших таксономічних груп грибів, як сумчастих, так і базидієвих, і має низку публікацій, зокрема щодо рідкісних і чужорідних видів грибів в Україні.

В.П. Гелюта має вагомий науковий доробок. Він є автором близько 430 наукових праць, понад чверть із яких опубліковано за межами України, у тому числі низка статей — у найкращих загальносвітових мікологічних журналах *Mycologia*, *Mycological Research*, *Mycoscience*, *Mycotaxon*, *Persoonia* та ін. В.П. Гелюта є автором або співавтором 20 монографій та 5 книжкових видань, з яких сім опубліковано за кордоном. Серед них зокрема підготовлені разом зі своїми дисертантами та зарубіжними колегами три випуски із серії "Biodiversity of Cyanoprokaryotes, Algae and Fungi of Israel", а саме "Biodiversity

of the Powdery Mildew Fungi (*Erysiphales, Ascomycota*) of Israel" (2009), "Smut Fungi of Israel" (2015) та "Rust Fungi of Israel" (2019), присвячені відповідно борошністороссяним, сажковим та іржастим грибам Ізраїлю. Спільно з польськими колегами видано два томи монографії "Fungi of Roztocze Region (Poland and Ukraine)" (2015), присвячені видовій різноманітності відповідно сумчастих грибів і базидієвих макроміцетів цього транскордонного регіону, а також монографію "Roztocze. Przyroda i człowiek" (2015).

В.П. Гелюта, разом із колегами відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та співробітниками декількох вищих навчальних закладів і природоохоронних науково-дослідних установ, приділяє значну увагу вивченню різноманітності грибів як різних природних зон України, так і окремих особливо цінних територій, насамперед заповідників і національних природних парків. Він є автором та співавтором низки праць, у тому числі й монографічних, присвячених грибам природного заповідника "Михайлівська цілина", Карадазького, Українського степового, Канівського і Луганського природних заповідників, Дунайського, Чорноморського і Карпатського біосферних заповідників та інших об'єктів природно-заповідного фонду України. Нещодавно під керівництвом і за наукової редакції В.П. Гелюти опубліковано узагальнювальну монографію "Гриби заповідників і національних природних парків Українських Карпат" (2019), а ще одну монографію з цієї ж серії — "Гриби Правобережного Полісся України" — щойно здано до друку.

Зазначимо, що Василь Петрович виявляє інтерес не тільки до мікобіоти України. Він брав участь у багатьох експедиціях та експедиційних виїздах до різних країн Європи й Азії, де скрізь, навіть під час приватних поїздок, збирав зразки борошністороссяних грибів. Найінтенсивніше він попрацював у Вірменії, Ізраїлі та на Далекому Сході, звідки ним описано низку нових для науки видів, зокрема на честь відомих біологів та мікологів — У. Брауна (Німеччина), С.П. Васера (Україна та Ізраїль), П.М. Головіна (Узбекистан), І.О. Дудки (Україна), Е.З. Коваль (Україна), І. Йорштада (Норвегія), Е. Нево (Ізраїль). Крім того, матеріали збиралися в Болгарії, Великій Британії, Польщі, Узбекистані, на Алтаї.

Окрім дослідження видового складу різних таксономічних груп грибів, Василь Петрович

доклав значних зусиль до вивчення і збереження різноманітності ландшафтів України. Він був керівником, українським координатором або ж відповідальним виконавцем низки міжнародних проектів. Так, під його керівництвом і за підтримки грантової програми Ральфа Брауна Королівського географічного товариства Великої Британії (The Royal Geographical Society) у 1998 р. була проведена тривала комплексна британсько-українська експедиція, яка обстежила долину верхньої течії р. Прип'ять і збрала докладну інформацію про біорізноманіття та екологічний стан довкілля в цьому регіоні найбільших за площею водно-болотних угідь Європи. В.П. Гелюта брав участь в українських і міжнародних проектах, спрямованих на вивчення й охорону степових територій України, був керівником проекту з експериментального відновлення степових екосистем на еродованих землях Лісостепу. У 2002 р. за його ініціативою і за підтримки Фонду проектів з охорони навколишнього середовища Міністерства закордонних справ Великої Британії (The Environment Project Fund of the British Government's Foreign Office), а пізніше — й Президії НАН України, на території заповідника "Хомутовський степ" було започатковано експеримент із використанням випасання копитних тварин, а саме експериментального табуна коней, як одного із засобів управління степовими екосистемами. Василь Петрович був членом оргкомітету і керівником основної післяконгресівської експедиції по території Криму для зарубіжних учасників XIV Конгресу європейських мікологів у 2003 р. В.П. Гелюта брав участь в обґрунтуванні необхідності створення декількох об'єктів природно-заповідного фонду на Поліссі, в лісостеповій і степовій зонах, сприяючи таким чином розширенню і оптимізації мережі природоохоронних територій України.

В.П. Гелюта — член Національної комісії з питань Червоної книги України. Він є співавтором і членом редакційної колегії третього видання "Червоної книги України" (2009 р.). Брав активну участь у дослідженні рідкісних видів грибів, у напрацюванні нових підходів до підготовки наступного видання цього важливого наукового і державного документа. У результаті в 2021 р. відповідним наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України була реалізована пропозиція виключити 9



В.П. Гелюта з колегами І.І. Чорнеєм, В.П. Гайовою та І.А. Коротченко під час експедиції до Черемоського національного природного парку (2016 р.)

видів, а натомість включити до Червоної книги України 20 рідкісних видів грибів. В.П. Гелюта входить також до складу Міжвідомчої робочої групи щодо інвазійних чужорідних видів при Міндовкіллі України.

У стінах Інституту ботаніки В.П. Гелюта зростав не лише як науковець, а й набував досвіду керівника, обіймаючи посади від інженера до головного наукового співробітника, завідувача відділу мікології (з 2017 р.), заступника директора з наукової роботи (1993—1994, 2004—2009 рр.). За його ініціативою та безпосередньою участю розроблялися програми і плани виконання науково-дослідних робіт, визначалися методи й засоби їх проведення, складалися плани підготовки і видання монографічних праць. Він був членом редакційних колегій багатотомного комплексного видання "Екофлора України", журналів "Український фітоценологічний вісник. Серія С. Фітоекологія", "Жива Україна", "Acta Mycologica" (Польща), нині є членом редколегій "Українського ботанічного журналу", "Чорноморського ботанічного журналу" і "Mantar Dergisi" (Туреччина).

Ювіляру завжди вдавалося успішно поєднувати наукову й організаційну діяльність із науково-педагогічною. В.П. Гелюта підготував чотирьох кандидатів наук (І.В. Базюк, О.І. Гаврило, М.В. Шевченко, Я.М. Макаренко) та двох докторів філософії, які захистили дисертаційні роботи за кордоном із відзнакою, *cum laude*

(С.О. Войтюк, К.Г. Савченко). Василь Петрович постійно приділяє багато уваги професійній підготовці молоді, бере активну участь в атестації науково-педагогічних кадрів. Він викладав курси лекцій з мікології в Міжнародному Соломоновому університеті, протягом декількох років проводив навчальні заняття зі студентами біологічного факультету Київського національного університету під час польової практики, а також здійснював керівництво курсовими, магістерськими і дипломними роботами студентів. З 2004 р. він є постійним головою екзаменаційної комісії Інституту ботаніки з прийому кандидатського іспиту за спеціальністю "мікологія". Був членом спеціалізованої вченої ради Київського національного університету імені Тараса Шевченка з захисту докторських дисертацій за спеціальністю "ботаніка", багато років є членом такої ж ради Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України зі спеціальностей "мікологія" та "ботаніка".

У роботі з молоддю особливо виявляються такі притаманні Василю Петровичу особисті якості як небайдужість, вміння відкрито оцінити роботу молодих науковців, запропонувати конструктивну критику, висловити конкретні слушні поради, заохотивши при цьому до підвищення рівня наукової роботи і подальшого зростання молодих учених. Особливо пощастило тим, хто доєднався до експедиційних виїздів із Василем Петровичем, у тому числі численних походів на байдарках річками й озерами України, під час яких він залюбки ділиться своїм

досвідом, знаннями, прагненням пізнання рідної природи. Окрім успішної діяльності з підготовки кваліфікованих спеціалістів-мікологів, Василь Петрович останнім часом активно використовує переваги сучасних технологій і соціальних мереж і залучає через соціальні мережі чисельну аудиторію мікологів-аматорів, насамперед учасників групи "Гриби України" у Фейсбуці, до виявлення цікавих знахідок грибів у різних куточках України.

Багаторічна успішна діяльність ювіляра високо оцінена державою й академічною спільнотою України. В.П. Гелюта є лауреатом Національної премії України імені Бориса Патона (2021 р.) та лауреатом Премії НАН України ім. М.Г. Холодного (2012 р.). Серед почесних нагород ученого — відзнака НАН України "За професійні здобутки" та грамоти Президії НАН України. На честь Василя Петровича описано новий для науки вид гриба *Tranzscheliella helutae* K.G. Savchenko (2023).

Мікологічна і ботанічна спільнота України, мікологи і ботаніки Інституту щиро вітають вельмишановного Василя Петровича і бажають ювілярові міцного здоров'я, нових творчих досягнень, реалізації всього запланованого, а також якнайшвидшого здійснення великої спільної української мрії — Перемоги.

В.П. ГАЙОВА, Я.П. ДІДУХ,
М.М. СУХОМЛИН, В.В. ДЖАГАН,
М.О. ЗИКОВА, М.В. ШЕВЧЕНКО,
С.Л. МОСЯКІН

