

ISSN 2415-8860 (online)  
ISSN 0372-4123 (print)



# UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

*An international journal for botany & mycology*

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2020 • 77 • 2



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, повідомлення та інші матеріали публікуються в таких основних розділах: *Загальні проблеми, огляди та дискусії, Систематика, флористика, географія рослин, Гриби і грибоподібні організми, Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу, Червона книга України, Флористичні знахідки, Мікологічні знахідки, Структурна ботаніка, Біотехнологія, фізіологія, біохімія, Клітинна та молекулярна біологія, Гербарна справа, Історія науки, Хроніка, Ювілейні дати, Втрати науки, Рецензії та новини літератури.*

Статті друкуються українською, англійською та російською мовами

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. Original articles, short communications and other contributions are published in sections *General Issues, Reviews and Discussions, Plant Taxonomy, Geography and Floristics, Fungi and Fungi-like Organisms, Vegetation Science, Ecology and Conservation, Red Data Book of Ukraine, Floristic Records, Mycological Records, Structural Botany, Biotechnology, Physiology and Biochemistry, Cell Biology and Molecular Biology, Herbarium Curation, History of Science, News and Views, Anniversary Dates, In Memoriam, Reviews and Notices of Publications.*

Publication languages: Ukrainian, English and Russian

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор – Сергій Л. МОСЯКІН

Заступники головного редактора – Ганна В. БОЙКО,  
Віра П. ГАЙОВА

Соломон П. ВАССЕР, Філіп ВЕРЛООВ (Бельгія),  
Василь П. ГЕЛЮТА, Зігматас ГУДЖИНСКАС (Литва),  
Яків П. ДІДУХ, Дмитро В. ДУБИНА,  
Олена К. ЗОЛОТАРЬОВА, Сергій Я. КОНДРАТЮК,  
Слізавета Л. КОРДЮМ, Ірина А. КОРОТЧЕНКО,  
Ірина В. КОСАКІВСЬКА, Кароль МАРГОЛЬД (Словаччина),  
Евіатар НЕВО (Ізраїль), Віктор І. ПАРФЬОНОВ (Білорусь),  
Пітер РЕЙВЕН (США), Марина М. СУХОМЛИН,  
Сусуму ТАКАМАЦУ (Японія), Микола М. ФЕДОРОНЧУК,  
Олександр Є. ХОДОСОВЦЕВ, Петро М. ЦАРЕНКО,  
Ілля І. ЧОРНЕЙ, Мирослав В. ШЕВЕРА,  
Наталія М. ШИЯН, Богдан ЯЦКОВЯК (Польща)  
Відповідальний секретар Марія Д. АЛЕЙНІКОВА

#### EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief – Sergei L. MOSYAKIN

Associate Editors – Ganna V. BOIKO  
Vera P. HAYOVA

Ilyia I. CHORNEY, Yakiv P. DIDUKH, Dmytro V. DUBYNA,  
Mykola M. FEDORONCHUK,  
Zigmantas GUDŽINSKAS (Lithuania), Vasyly P. HELUTA,  
Bogdan JACKOWIAK (Poland), Olexander E. KHODOSOVTSSEV,  
Sergey Y. KONDRATYUK, Elizabeth L. KORDYUM,  
Iryna A. KOROTCHENKO, Iryna V. KOSAKIVSKA,  
Karol MARHOLD (Slovakia), Eviatar NEVO (Israel),  
Victor I. PARFENOV (Belarus), Peter RAVEN (USA),  
Myroslav V. SHEVERA, Natalia M. SHYIAN,  
Maryna M. SUKHOMLYN, Susumu TAKAMATSU (Japan),  
Petro M. TSARENKO, Filip VERLOOVE (Belgium),  
Solomon P. WASSER, Olena K. ZOLOTAREVA  
Editorial Assistant – Mariya D. ALEINIKOVA

---

На першій сторінці обкладинки: *Rhus typhina* L. у міських насадженнях.

Фото © Ігор Янчук

Front page: *Rhus typhina* L. in the urban plantation.

Photo © by Igor Yanchuk

---

✉ Редакція "Українського ботанічного журналу"  
Інститут ботаніки НАН України  
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна

(044) 235-41-82  
[secretary\\_ubzh@ukr.net](mailto:secretary_ubzh@ukr.net)  
<https://ukrbotj.co.ua>

# УКРАЇНСЬКИЙ 2020 • 77 • 2 БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ • ЗАСНОВАНИЙ 1921 р. • SCIENTIFIC JOURNAL • PUBLISHED SINCE 1921

## З М І С Т

### **Систематика, флористика, географія рослин**

де Ланге П.Дж., Ван Цзянь, Баркла Дж.В., Маршалл Е. *Solenogyne christensenii*, comb. nov. (Asteraceae: Astereae), нова комбінація для виду з Нової Зеландії .....73

Мосякін С.Л., де Ланге П.Дж. Перша знахідка непоміченого чужинця? Свідчення раннього занесення *Chenopodium ficifolium* (Chenopodiaceae) до Нової Зеландії .....81

### **Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу**

Коршиков І.І., Петрушкевич Ю.М. Популяційна структура *Betula pendula* (Betulaceae) на залізорудних відвалах Криворіжжя .....90

### **Червона книга України**

Гриценко В.В. *Stipa pennata* (Poaceae) на Київському плато .....104

### **Мікологічні знахідки**

Придюк М.П., Зикова М.О. Перша знахідка в Україні рідкісного в Європі виду *Entoloma graphitipes* (Entolomataceae) .....113

### **Біотехнологія, фізіологія, біохімія**

Бороменський Д.О., Бісько Н.А. Вплив умов культивування на накопичення біомаси та ендополісахаридів грибами роду *Ganoderma* (Ganodermataceae) .....117

# CONTENTS

## ***Plant Taxonomy, Geography and Floristics***

de Lange P.J., Wang J., Barkla J.W., Marshall A. *Solenogyne christensenii*, comb. nov. (*Asteraceae: Astereae*), a new combination for a New Zealand species . . . . .73

Mosyakin S.L., de Lange P.J. The earliest collection of an elusive alien? Evidence of early introduction of *Chenopodium ficifolium* (*Chenopodiaceae*) in New Zealand . . . . .81

## ***Vegetation Science, Ecology, Conservation***

Korshykov I.I., Petrushkevych Yu.M. Population structure of *Betula pendula* (*Betulaceae*) on iron ore mine dumps (tailings) of the Kryvyi Rih area . . . . .90

## ***Red Data Book of Ukraine***

Gritsenko V.V. *Stipa pennata* (*Poaceae*) on the Kyiv Plateau. . . . .104

## ***Mycological Records***

Prydiuk M.P., Zykova M.O. First find in Ukraine of *Entoloma graphitipes* (*Entolomataceae*), a rare species in Europe . . . . .113

## ***Biotechnology, Physiology and Biochemistry***

Boromenskyi D.O., Bisko N.A. Influence of cultivation conditions on biomass and endopolysaccharide production by species of the genus *Ganoderma* (*Ganodermataceae*) . . . . .117



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.02.073>

## *Solenogyne christensenii*, comb. nov. (*Asteraceae: Astereae*), a new combination for a New Zealand species

Peter J. de LANGE<sup>1</sup>, Jian WANG<sup>2</sup>, John W. BARKLA<sup>3</sup>, Andrew MARSHALL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unitec Institute of Technology, School of Environmental & Animal Sciences  
Private Bag 92025, Victoria Street West, Auckland 1142, New Zealand  
[p.delange@unitec.ac.nz](mailto:p.delange@unitec.ac.nz)

<sup>2</sup> Queensland Herbarium, Department of Environment and Science, Brisbane Botanic Gardens  
Mt Coot-tha Road, Toowong, Queensland 4066, Australia  
[jian.wang@des.qld.gov.au](mailto:jian.wang@des.qld.gov.au)

<sup>3</sup> 26 Larkins Street, Dunedin 9010, New Zealand  
[mjbarkla@xtra.co.nz](mailto:mjbarkla@xtra.co.nz)

---

de Lange P.J., Wang J., Barkla J.W., Marshall A. 2020. *Solenogyne christensenii*, comb. nov. (*Asteraceae: Astereae*), a new combination for a New Zealand species. *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 73–80.

**Abstract.** The new combination *Solenogyne christensenii* (Petrie) de Lange, Jian Wang ter & Barkla comb. nov. is validated for a New Zealand species originally published as *Abrotanella christensenii* Petrie. The species is described, illustrated and differentiated from similar and related taxa. The species is seriously threatened, being known with certainty only from the South Island of New Zealand where there is one extant population in Otago, though the species was also known historically from the type locality, Hanmer Plain, North Canterbury.

**Keywords:** *Abrotanella*, *Asteraceae*, *Astereae*, flora, new combination, New Zealand, *Solenogyne*, *Solenogyne christensenii*, taxonomy

Submitted 22 April 2020. Published 29 April 2020

де Ланге П.Дж., Ван Цзянь, Баркла Дж.В., Маршалл Е. 2020. *Solenogyne christensenii*, comb. nov. (*Asteraceae: Astereae*), нова комбінація для виду з Нової Зеландії. *Український ботанічний журнал*, 77(2): 73–80.

<sup>1</sup> Технічний університет УніТек  
Окленд 1142, Нова Зеландія

<sup>2</sup> Гербарій Квінсленда, Брисбенський ботанічний сад  
Тувонг, Квінсленд 4066, Австралія

<sup>3</sup> Данедін 9010, Нова Зеландія

**Реферат.** Нова комбінація *Solenogyne christensenii* (Petrie) de Lange, Jian Wang ter & Barkla comb. nov. запропонована для виду з Нової Зеландії, який до того був описаний як *Abrotanella christensenii* Petrie. Подано опис та ілюстрації виду, вказані його відміни від подібних та споріднених видів. Цей вид перебуває під загрозою зникнення, оскільки він достовірно відомий лише з Південного острова Нової Зеландії, де збереглася лише одна популяція в регіоні Отаго, хоча раніше вид був також відомий з типового місцезнаходження на рівнині Хенмер у північній частині регіону Кентербері.

**Ключові слова:** *Abrotanella*, *Asteraceae*, *Astereae*, *Solenogyne*, *Solenogyne christensenii*, нова комбінація, Нова Зеландія, таксономія, флора

## Introduction

The genus of *Solenogyne* Cass. was established by Cassini (1828) for those plants that resemble *Lagenophora* Cass.; the latter is now recognized as a genus containing ca. 25 species occurring mainly in Australasia, South America, and southern and south-eastern Asia (Wang, Bean, 2019). Cassini (1816) initially published this as "*Lagenifera*", the spelling of which he later corrected to *Lagenophora* (Cassini, 1818), and that latter spelling was conserved (Art. 14.11 of the ICN: Turland et al., 2018) following the nomenclatural proposal by Nicolson (1996). Subsequently the two genera (*Solenogyne* and *Lagenophora*) were united by Hooker (1860) and Bentham (1867), and this was followed by Maiden and Betche (1916). It was Davis (1950) who revised and reinstated *Solenogyne* as a distinct genus. Her research was followed by Cabrera (1966) who further distinguished the two genera by differences in their achenes, e.g., those of *Solenogyne* are without a beak and glands.

As currently circumscribed, *Solenogyne* includes four species (Fig. 1, 2): three in Australia and one in Japan. At the time when the genus was erected, there was only one species recognised, *S. bellioides* Cass. described from near Port Jackson (modern Sydney area), New South Wales, Australia (Cassini, 1828). Exactly a century later, Koidzumi (1928) published *S. mikadoi* Koidz., the second species of the genus from Amamihosima [Amami Ōshima, Amami Islands of the Satsunan islands group, Kagoshima Prefecture], Japan. *Solenogyne gunnii* (Hook.f.) Cabrera from Tasmania and *S. dominii* L.G.Adams from Australian Capital Territory, as the third and fourth members of the genus, were published by Cabrera (1966) and Adams (1979), respectively. *Solenogyne mikadoi* is now often treated as *Lagenophora mikadoi* (Koidz.) Koidz. ex H.Koyama (cf. Plants of the World Online <http://powo.science.kew.org/taxon/249376-1>), although this is not confirmed by phylogenetic studies (Nakamura et al., 2012; Sancho et al., 2015), or followed in Australasia (Schönberger et al., 2019).

New Zealand has three *Solenogyne* species, all treated as naturalised: *S. mikadoi*, *S. dominii*, and *S. gunnii* (Drury, 1974; Webb et al., 1988). Of these, *S. mikadoi* is extremely uncommon, while *S. dominii* is locally common, particularly around Christchurch and Banks Peninsula. *Solenogyne gunnii* is the most widespread species, often occurring as an urban weed in lawns and street side verges in the main centres of New Zealand.

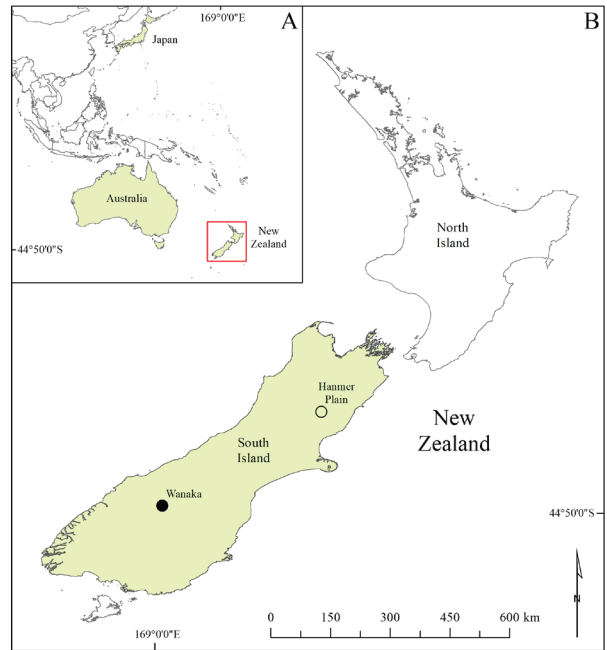


Figure 1. Distribution of the genus *Solenogyne* (A) and showing the two known locations for *S. christensenii* for the species in New Zealand (B), Hanmer Plain (the type locality, shown as an open circle because that population is now assumed to be extinct) and Wanaka, at the source of the Clutha River (black circle)

An enigmatic species of *Abrotanella* Cass., known only from the type collected by Charles E. Christensen from the Hanmer Plain, Amuri District, North Canterbury, was described by Petrie (1915) as *A. christensenii* Petrie. However, following critical examination of the type, this species was considered by Swenson (1993) to be conspecific with *Solenogyne gunnii*. There the matter of *Abrotanella christensenii* seemed to rest until an Asteraceous plant was discovered in a herbfield under kahikatoa (*Leptospermum scoparium* J.R.Forst. & G.Forst. s. l.) shrubland, near the outlet of Lake Wanaka, on the side of the Clutha River, Otago, by John Barkla in the early 2000s. That plant morphologically matched the type of *Abrotanella christensenii*; it was tentatively assigned to *Solenogyne gunnii* by Peter de Lange though it differed from that species with respect to its smaller overall stature, leaf colour, size and shape, and by having fewer disc florets. Specimens from this population were included in a phylogenetic study of *Lagenophora* (Sancho et al., 2015) where they were found to be sister to *Solenogyne gunnii*, thus further highlighting the possibility that these plants represented a fifth species of *Solenogyne*, the one endemic to New Zealand.

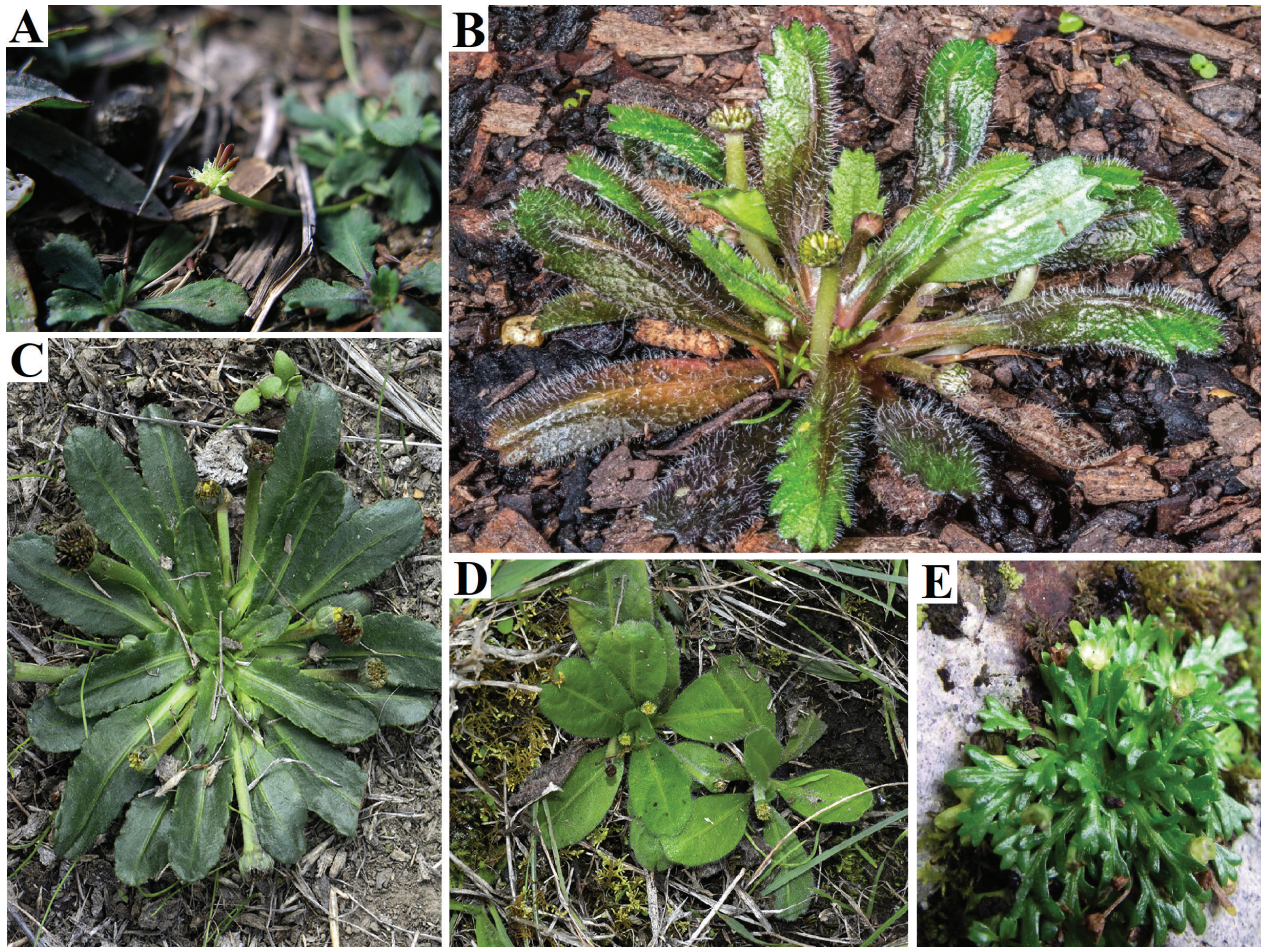


Figure 2. *Solenogyne* species. A: *S. bellioides*, Dungog, Australia (image: H. Rose). B: *S. christensenii*, cultivated plant, Stokes Valley, Lower Hutt, New Zealand (image: J.R. Rolfe). C: *S. dominii*, Cashmere Hills, Christchurch, New Zealand. D: *S. gunnii*, Cashmere Hills, Christchurch, New Zealand (images C, D: P. Enright). E: *S. mikadoi*, Kagoshima, Japan (image: Y. Uchiyama)

Following further examination of herbarium material and live plants, it is evident that *Abrotanella christensenii*, though allied to *Solenogyne gunnii* as Swenson (1993) thought, is a distinct species in its own right, and so a new nomenclatural combination in *Solenogyne* is made here.

## Materials and methods

This article is based on the study of live plants cultivated in Dunedin, South Island, New Zealand, by John Barkla and the morphological examination of *Solenogyne* material at AK, BRI, CHR, MEL and WELT; herbarium acronyms follow Thiers (2020—continuously updated). All measurements are based on live plants, as well as dried material, except the dimensions of florets, in which material was reconstituted with boiling water.

## New combination

*Solenogyne christensenii* (Petric) de Lange, Jian Wang ter & Barkla, comb. nov.

**Basionym:** *Abrotanella christensenii* Petrie, Trans. & Proc. N.Z. Inst. 47: 51 (1915).

Type: New Zealand, South Island, Amuri, Hanmer Plains, March 1912, *C.E. Christensen* (holotype: WELT SP02098) (Fig. 3).

**Note:** Although Petrie (1915) did not specify a type, Cheeseman (1925) makes clear that there were only the two specimens held by Petrie, stating (p. 1005) "Only 2 specimens, which have been kindly lent [our emphasis] to me for examination by Petrie have been found", both specimens, are the same Christensen gathering that were forwarded by Leonard Cockayne (as became his practise when dealing with taxonomic matters: see Cockayne (1926), Thomson (1990), and de Lange (2019)



Figure 3. Holotype of *Abrotanella christensenii* Petrie, WELT SP02098. A: herbarium sheet. B: close up of one of the two plants mounted on the type sheet (image: P.J. de Lange)

for an account of Cockayne's stance on taxonomy) to Petrie. These are now mounted on the same sheet, WELT SP02098 (Fig. 3) held in the Petrie Herbarium, and labelled in Petrie's hand "Type Specm.". Therefore, Art. 9.1 of the ICN (Turland et al., 2018) applies, e.g., "A holotype of a name of a species or infraspecific taxon is **the one specimen or illustration** [bold type our emphasis here and thereafter] (but see Art. 40.4) either (a) **indicated by the author(s)** as the nomenclatural type or (b) **used by the author(s) when no type was indicated**. As long as the holotype is extant, it fixes the application of the name concerned (but see Art. 9.15)". With respect to the number of specimens, Art. 8.2 applies ("for the purpose of typification a specimen.....may consist of a single organism, **parts of one or several organisms, or of multiple small organisms**") because the two specimens mounted on WELT SP02098 are part of the same gathering used by the naming author to describe *Abrotanella christensenii*. Nevertheless, Swenson (1993, p. 3) was under the impression that the two specimens referred to by Cheeseman (1925) were different collections held by different herbaria, perhaps misunderstanding Cheeseman's statement that Petrie "lent" him the specimens to study, stating "...that

no more collections than the two cited by Cheeseman (1925) exist, i.e. the type specimens: C. Christensen, March 1912 (lectotype WELT). However, I have only been able to locate one of these sheets, the one deposited in Wellington (WELT), the second was presumably deposited in Auckland (AK) by Dr Petrie, but no type is held according to the herbarium". Thus he cautiously referred to WELT SP02098 as "Lectotype" presumably following the type statement of Allan (1961, p. 695) ("Type: W[ELT], C.E. Christensen") in the belief that two specimens had existed, and that one of those was now missing. However, Cheeseman on examining Petrie's two specimens (in fact, two plants) returned them to Petrie, and they now reside on the same herbarium sheet in his herbarium. Therefore, the type statements by Allan (1961) and Swenson (1993) can be taken as lectotype designations, but only if two or more syntypes or other original elements exist (or definitely existed). Since there are good reasons to believe that Petrie used only the two plants now mounted on the same sheet in WELT, that specimen in fact constitutes the holotype for his species name.





Figure 4. Cultivated plant of *Solenogyne christensenii* showing (A) growth habit, inflorescences, flowering and fruiting capitula (B, C) (images: J.R. Rolfe)

**Description** (Fig. 3, 4): Small perennial rhizomatous tufted herb up to 30 mm tall and 50 mm across; roots and rhizomes fibrous; stem very short (leaves in basal rosette); leaves and scapes firmly attached to stem and/or rootstock. Leaves 15–25, oblanceolate, obdeltoid to cuneate, 10–20(–25) × 5–8 mm (10–5× longer than wide), with a winged petiole-like base 8–10 mm long; leaf apex tridentate; leaf margins serrated (rarely repand-sinuate), usually with 4–6 teeth either side, each lobe 0.5–1.0 mm long; adaxial leaf surface glossy, initially green, maturing bronze-green or brown mottled, or maroon-brown; adaxial surface pilose, hairs patent eglandular, 0.3–1.8 mm long, 3–8 per mm<sup>2</sup>; abaxial leaf surface pale glossy green, ± glabrescent; hairs present on young leaves, unevenly shedding with leaf maturation, eglandular, pubescent, ± appressed, 0.4–0.8 mm long, 0–2 per mm<sup>2</sup>, hairs; both leaf surfaces papillate, papillae c. 0.01 mm long, more or less evenly distributed; leaf margins pilose, hairs eglandular patent 3–4 per mm<sup>2</sup>, 0.2–1.0 mm long; lateral veins slightly raised and usually visible adaxially, obscure abaxially. Scapes terete and smooth on fresh specimens, channelled on dry ones, 4–8 per tuft, each 5–20 mm long at anthesis, 10–30 mm long at fruiting stage, 1.5–2.5 mm diameter throughout;

scape bracts 0, or occasionally furnished with 1, ovate to orbicular, chartaceous c.1.5 × 0.4 mm bract; scape indumentum including eglandular hairs 0.3–1.0 mm long, patent, spreading or mixed weakly appressed / retrorse; 1–6 hairs per mm<sup>2</sup>; and papillae to c.0.01 mm long, scattered throughout the scape. Capitula 1.8–2.2 mm long, 2.8–3.0 mm diameter; involucre bracts 18–22 in 2 rows, glabrous or occasionally papillate along midrib on outer surface, ovate to broadly oblong, apex obtuse to rounded, margins pink, ciliate in upper distal ½–¾; outer bracts 1.2–1.6 × 1.0–1.6 mm, inner bracts 1.1–1.2 × 0.9–1.0 mm. Receptacle flat to slightly convex, 0.8–1.2 mm diameter. Ray florets tubular, creamy to pale pink, 18–20 in 2–3 rows; tube 0.4–0.7 mm long, 0.1–0.12 mm wide; style 0.5–0.8; stigma 2-branched c.0.02 mm long. Disc florets 0–3; corolla pale yellow, tubular, c.1 mm long, outer surface glabrous; corolla lobes 5, deltate, c.0.1 × 0.1 mm; stamens 5, to c.0.4 mm long; style c.0.6 mm long; sterile ovary c.0.3 mm long. Achenes glabrous, more or less flattened, narrowly obovoid, straight or slightly curved, 0.9–1.1 mm long by 0.3–0.5 mm wide excluding beak, uniformly yellow green, darkening to brown at maturity; achene edges smooth; achene beak

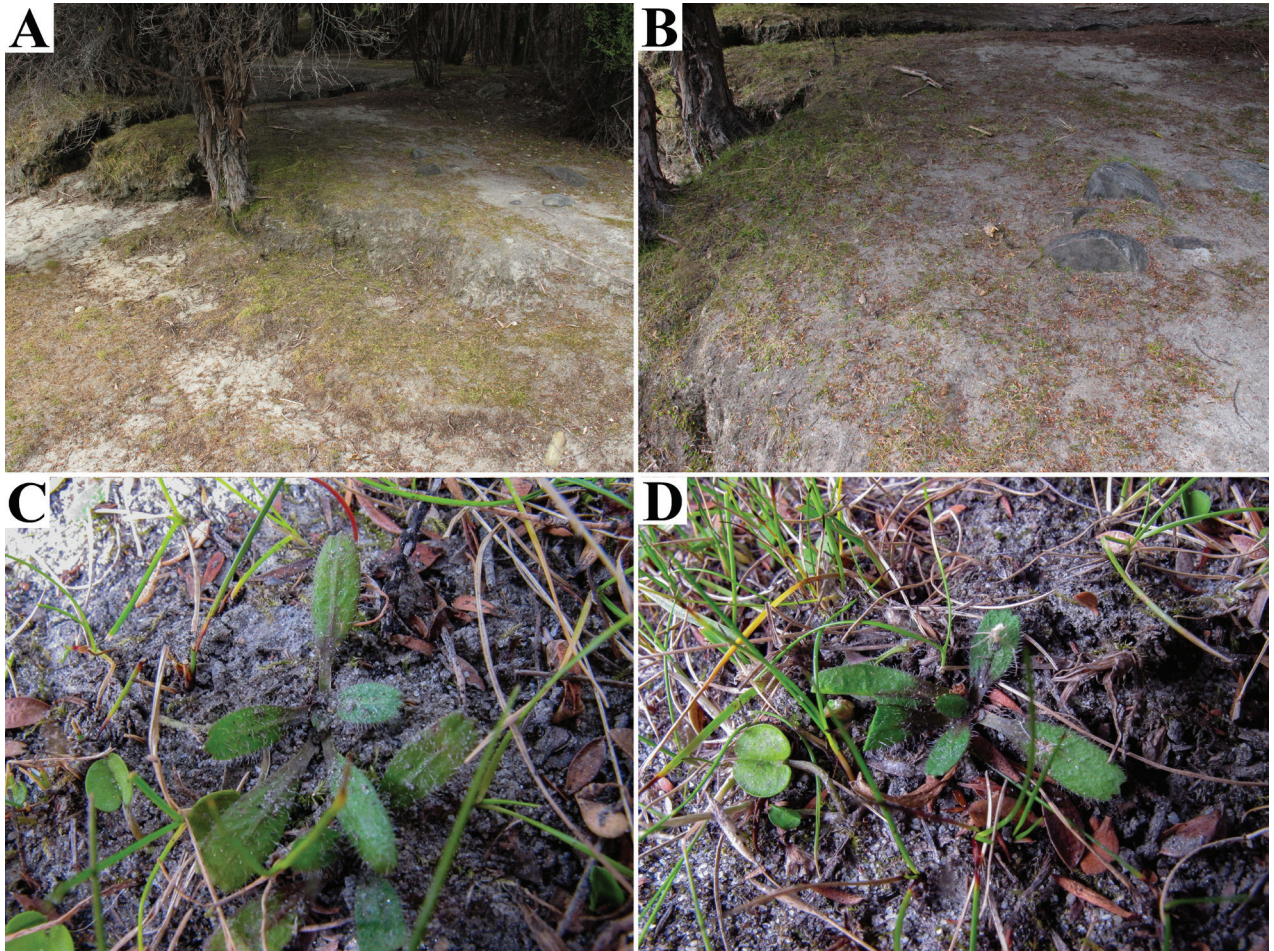


Figure 5. The habitat of *Solenogyne christensenii* on the side of the Clutha River, near Lake Wanaka, Otago, New Zealand. A: habitat on side of river bank adjacent a small walking track. B: close up of the habitat showing open herbfield in which the species grows. C, D: sterile young plants of *Solenogyne christensenii* (images: J.W. Barkla)

0.1–0.2 mm long, without obvious annular collar at its apex, c. 0.1 mm diameter.

**Additional specimens examined.** New Zealand. Ex Cultivated, South Island, Otago, Clutha River, J.W. Barkla s.n., Mar. 2009, CHR 605697.

**Etymology:** Petrie (1915) named this species after Charles E. Christensen (1876–1938) who was the first person to collect this species, as *Abrotanella christensenii*, during his botanical exploration of the vegetation of Hanmer Plain, Amuri District, North Canterbury, New Zealand (Godley, 1994).

**Distribution and habitat:** Endemic to New Zealand where it is restricted to montane shrubland at approximately 280 m above sea level in the upper Clutha Valley of Otago (Fig. 1). At its only extant site (Fig. 5) it grows in tiny patches within a 25m<sup>2</sup> herbfield on silty riverbank under dappled shade provided by 2–4 m tall

kahikatoa. Common associated native forbs include *Dichondra brevifolia* Buchanan, *Galium perpusillum* (Hook.f.) Allan, *Colobanthus strictus* Cheeseman, *Centella uniflora* (Colenso) Nannf., *Leptinella* sp., *Pseudognaphalium luteo-album* (L.) Hilliard & B.L.Burt (sensu lato), *Ranunculus foliosus* Kirk, *Epilobium komarovianum* H.Lév., *Carex breviculmis* R.Br., *Carex resectans* Cheeseman, and *Isolepis* sp. Common associated naturalized forbs and grasses include *Prunella vulgaris* L., *Pilosella officinarum* Vaill., *Centaureum erythraea* Rafn subsp. *erythraea*, and *Agrostis capillaris* L. (plant names are given mainly as accepted in de Lange & Rolfe, 2010, and Schönberger et al., 2019).

In the past it has also been recorded from "bare spots in dry fescue [*Festuca novae-zelandiae* (Hack.) Cockayne] tussock steppe" from the Hanmer Plains (Petrie, 1915).

**Phenology:** In the wild both flowers and fruits were observed mid-April. In cultivation, plants have been observed beginning to flower in January, with fruits evident a month later, with fruiting extending at least through to May.

**Affinities:** *Solenogyne christensenii* (Fig. 4) is of similar appearance to *S. gunnii* (Fig. 2, D), but differs by: the leaf size (usually 10–20 × 5–8 mm for *S. christensenii*; usually 20–100 × 5–20 mm for *S. gunnii*) and leaf shape (usually oblanceolate, obdeltoid to cuneate for *S. christensenii*; narrowly obovate and obtuse for *S. gunnii*); the obtusely serrate leaf margins (sinuate to undulate for *S. gunnii*); the short and hirsute scape to 30 mm long in fruit (up to 100 mm long in fruit and woolly for *S. gunnii*); the fewer and shorter disc florets (0–3 and c.1 mm long for *S. christensenii*; usually 7–9 and c.2 mm long for *S. gunnii*); the smaller achene size (0.9–1.1 mm long for *S. christensenii*; 2.0–2.5 mm long for *S. gunnii*); and the flattened achene edges (achene edges more or less thickened for *S. gunnii*).

*Solenogyne christensenii* also resembles *S. dominii* (Fig. 2, C), from which it differs by: the pilose leaves (glabrate for *S. dominii*); smaller leaf size (usually 30–50 × 7–12 mm for *S. dominii*); the shorter scape (up to 70 mm long in fruit for *S. dominii*); the fewer and shorter ray flowers (18–20 and 0.4–0.7 mm long for *S. christensenii*; usually 35–60 and 0.8–1.2 mm long for *S. dominii*); the fewer and shorter disc flowers (usually 10–14 and 2.0–2.5 mm long for *S. dominii*); the smaller achene size (2.0–2.5 mm long for *S. dominii*).

**Conservation status:** *Solenogyne christensenii* is an extremely uncommon species only known with certainty from one small population comprising less than 100 plants. Under the New Zealand Threat Classification System (Townsend et al., 2008), its conservation status, as *Abrotanella christensenii*, is listed as Nationally Critical qualified ‘DP’ [Data Poor] and ‘EF’ [Extreme Fluctuations] by de Lange et al. (2018).

## Acknowledgements

Dr. Sergei Mosyakin provided encouragement and some advice on the preparation of this manuscript, and also facilitated the translation of the authors' names, addresses, abstract and keywords into Ukrainian. We thank Jeremy Rolfe for use of his images and the auspices of iNaturalist ([www.inaturalist.org](http://www.inaturalist.org)) and the contributors therein for permission to use their images of other *Solenogyne* species. The authors are appreciative of the comments made on the submitted manuscript by Dr. Filip Verloove, Meise Botanic Garden, Belgium.

## References

- Adams L.G. 1979. A review of the genus *Solenogyne* (*Asteraceae*) in Australia and New Zealand. *Brunonia*, 2: 43–65. <https://doi.org/10.1071/BRU9790043>
- Allan H.H. 1961. *Flora of New Zealand*, vol. 1. Wellington: P.D. Hasselberg, Government Printer, liv + 1083 pp.
- Bentham G. 1867. *Lagenophora*. In: *Flora Australiensis*, vol. 3. London: L. Reeve & Co., pp. 506–508. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/41807#page/515/mode/1up>
- Cabrera A.L. 1966. The genus *Lagenophora* (*Compositae*). *Blumea*, 14: 285–308. Available at: <https://www.repository.naturalis.nl/document/565919>
- Cassini A.H.G. 1816. Aperçu des genres nouveaux formés, dans la famille des Synanthérées. *Bulletin des Sciences par la Société Philomatique de Paris*, [vol. of] 1816: 198–200. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/31774106#page/615/mode/1up>
- Cassini A.H.G. 1818. Aperçu des genres nouveaux formés, dans la famille des Synanthérées. *Bulletin des Sciences par la Société Philomatique de Paris*, [vol. of] 1818: 30–34. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/31583107#page/254/mode/1up>
- Cassini A.H.G. 1828. *Solenogyne*. In: *Dictionnaire des Sciences Naturelles* (ed. F. Cuvier et al.), vol. 56. Strasbourg; Paris: F.G. Levrault & Paris: Le Normant, 174–176. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/25316143#page/192/mode/1up>
- Cheeseman T.F. 1925. *Manual of the New Zealand flora*. 2<sup>nd</sup> ed. Wellington: Government Printer, xliv + 1163 pp.
- Cockayne L. 1926. Donald Petrie 1846–1925. *Transactions and Proceedings of the Royal Society of New Zealand*, 56: 8–10. Available at: [http://rsnz.natlib.govt.nz/volume/rsnz\\_56/rsnz\\_56\\_00\\_000080.html](http://rsnz.natlib.govt.nz/volume/rsnz_56/rsnz_56_00_000080.html)
- Davis G.L. 1950. Revision of the genus *Solenogyne* Cass. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 75 (3–4): 188–194. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/109152#page/230/mode/1up>
- de Lange P.J. 2019. The ongoing slide to extinction of the enigmatic Chatham Island linen flax (*Linum monogynum* var. *chathamicum*). *Trilepidea*, 190: 3–7. Available at: [https://www.nzpcn.org.nz/site/assets/files/0/51/314/trilepidea\\_september\\_2019\\_final.pdf](https://www.nzpcn.org.nz/site/assets/files/0/51/314/trilepidea_september_2019_final.pdf)
- de Lange P.J., Rolfe J.R. 2010. *New Zealand indigenous vascular plant checklist*. Wellington: New Zealand Plant Conservation Network, 131 pp. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/234077117\\_New\\_Zealand\\_Indigenous\\_Vascular\\_Plant\\_List](https://www.researchgate.net/publication/234077117_New_Zealand_Indigenous_Vascular_Plant_List)
- de Lange P.J., Rolfe J.R., Barkla J.W., Courtney S.P., Champion P.D., Perrie L.R., Beadel S.M., Ford K.A., Breitwieser I., Schönberger I., Hindmarsh-Walls R., Heenan P.B., Ladley K. 2018. Conservation status of New Zealand indigenous vascular plants. 2017. *New Zealand Threat Classification Series*, 22: 1–82. Available at: <https://www.doc.govt.nz/Documents/science-and-technical/nztes22entire.pdf>

- Drury D.G. 1974. A broadly based taxonomy of *Lagenifera* sect. *Lagenifera* and *Solenogyne* (*Compositae* – *Asteraceae*) with an account of their species in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 12: 365–395. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1974.10428875>
- Godley E.J. 1994. Biographical Notes (15): Charles Edward Christensen (1876–1938). *New Zealand Botanical Society Newsletter*, 37: 12–13. Available at: <http://www.nzbotanicalsociety.org.nz/newsletter/NZBotSoc-1994-37.pdf>
- Hooker J.D. 1860. *Flora Tasmaniae*, vol. I. *Dicotyledones* [Part 3 of: *The botany of the Antarctic voyage of H.M. discovery ships Erebus and Terror in the years 1839–1843, under the command of Captain Sir James Clark Ross*]. London: Lovell Reeve, cxxvii + 359 pp. + 100 pl. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/90337#page/23/mode/1up>
- Koidzumi G. 1928. Plantae novae Amami-Ohsimensis nec non insularum adjacentium. *Kagoshimaken Kyoiku Chosakai*, 17. [Kagoshima: Education and Research Society of Kagoshima] 19 pp.
- Maiden J.H., Betche E. 1916. *Census of New South Wales Plants*. Sydney: Government Printer, 216 pp. Available at: <https://trove.nla.gov.au/work/11300918?q&versionId=42165235>
- Nakamura K., Denda T., Kokobugata G., Forster P.I., Wilson G., Peng C.-I., Yokota M. 2012. Molecular phylogeography reveals an antitropical distribution and local diversification of *Solenogyne* (*Asteraceae*) in the Ryukyu Archipelago of Japan and Australia. *Biological Journal of the Linnean Society*, 105: 197–217. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2011.01769.x>
- Nicolson D.H. 1996. Proposal to conserve the name *Lagenophora* (*Compositae*) with a conserved spelling. *Taxon*, 45: 341–342.
- Petrie D. 1915. New native phanerogams. *Transactions & Proceedings of the New Zealand Institute*, 47 [volume of 1914]: 48–59. Available at: [http://rsnz.natlib.govt.nz/volume/rsnz\\_47/rsnz\\_47\\_00\\_000950.html](http://rsnz.natlib.govt.nz/volume/rsnz_47/rsnz_47_00_000950.html)
- Sancho G., de Lange P.J., Donato M., Barkla J., Wagstaff S.J. 2015. Late Cenozoic diversification of the austral genus *Lagenophora* (*Astereae*: *Asteraceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177: 78–95. <https://doi.org/10.1111/boj.12224>
- Schönberger I., Wilton A.D., Boardman K.F., Breitwieser I., Cochrane M., de Lange P.J., de Pauw B., Fife A.J., Ford K.A., Gibb E.S., Glenn D.S., Korver M.A., Novis P.M., Prebble J.M., Redmond D.N., Smissen R.D., Tawiri K. 2019. *Checklist of the New Zealand Flora – Seed Plants 2019*. Lincoln (New Zealand): Manaaki Whenua – Landcare Research, 399 pp. <https://doi.org/10.26065/s3gg-v336>
- Swenson U. 1993. The identity of *Abrotanella christensenii* Petrie (*Asteraceae*). *Compositae Newsletter*, 23: 3–6. Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/48825#page/4/mode/1up>
- Thiers B. 2008–onward. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden. Available at: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih> (Accessed 24 April 2020).
- Thomson A.D. 1990. A comparison of the approach to taxonomic botany by T.F. Cheeseman and L. Cockayne. In: *History of systematic botany in Australasia – Proceedings of a symposium held at the University of Melbourne, 25–27 May 1988*. Ed. P. Short. Canberra: Australian Systematic Botany Society Inc., pp. 235–238.
- Townsend A.J., de Lange P.J., Duffy C.A.J., Miskelly C.M., Molloy J., Norton D.A. 2008. *New Zealand Threat Classification System Manual*. Wellington: Department of Conservation, 35 pp. Available at: <https://www.doc.govt.nz/Documents/science-and-technical/sap244.pdf>
- Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T.W., McNeill J., Monro A.M., Prado J., Price M.J., Smith G.F. (eds.) 2018. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Glashütten: Koeltz Botanical Books. *Regnum Vegetabile*, 159: i–xxxviii + 1–254. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Wang J., Bean A.R. 2019. A taxonomic revision of *Lagenophora* Cass. (*Asteraceae*) in Australia. *Austrobaileya*, 10(3): 405–442.
- Webb C.J., Sykes W.R., Garnock-Jones P.J. 1988. *Flora of New Zealand*, vol. 4. Christchurch: Botany Division, Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), lxviii + 1365 pp.

Recommended for publication by S.L. Mosyakin

# The earliest collection of an elusive alien? Evidence of early introduction of *Chenopodium ficifolium* (*Chenopodiaceae*) in New Zealand

Sergei L. MOSYAKIN<sup>1</sup>, Peter J. de LANGE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine

2 Tereshchenkivska Street, Kyiv 01004, Ukraine

s\_mosyakin@hotmail.com

<sup>2</sup> Environment and Animal Sciences, Unitec Institute of Technology

Private Bag 92025, Victoria Street West, Auckland 1142, New Zealand

pdelange@unitec.ac.nz

Mosyakin S.L., de Lange P.J. 2020. The earliest collection of an elusive alien? Evidence of early introduction of *Chenopodium ficifolium* (*Chenopodiaceae*) in New Zealand. *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 81–89.

**Abstract.** Historical records and the current status of *Chenopodium ficifolium* (*Chenopodiaceae*) in New Zealand are considered. This species of Eurasian origin was and still is occasionally reported in New Zealand as a casual alien since its supposedly first record by Kirk in 1896, who found the species in 1892 in the port of Wellington on a ballast heap. At least seven reliable collections / records are known from locations ranging from the North Island (Auckland and Wellington) to the South Island (Christchurch), and one of the southern Titi Islands. However, the actual distribution of the species in New Zealand is probably underestimated because of its similarity to *C. album*. Probably *C. ficifolium* was initially introduced to New Zealand much earlier than 1892, as evidenced by the herbarium specimen collected by J. Everard Home in the 1840s. That specimen was recently found in the Turczaninow historical herbarium at the National Herbarium of Ukraine (KW); it is one of many other historical specimens at KW that were collected in New Zealand by Home, A. Cunningham and R. Cunningham in the first half of the 19<sup>th</sup> century. Most probably, Turczaninow received these New Zealand specimens from the Royal Botanic Gardens Kew in exchange for his Siberian or other collections. We expect that a thorough revision of New Zealand specimens in the Turczaninow herbarium at KW may bring important and interesting results not only on native plants (including type specimens), but also for non-native species introduced during the early stages of the European colonization, which will document their earliest stages of expansion in New Zealand.

**Keywords:** alien species, Eurasia, *Chenopodiaceae*, *Chenopodium ficifolium*, herbarium, history of botany, New Zealand

Submitted 21 February 2020. Published 29 April 2020

Мосякін С.Л.<sup>1</sup>, де Ланге П.Дж.<sup>2</sup> 2020. Перша знахідка непоміченого чужинця? Свідчення раннього занесення *Chenopodium ficifolium* (*Chenopodiaceae*) до Нової Зеландії. *Український ботанічний журнал*, 77(2): 81–89.

<sup>1</sup> Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна

<sup>2</sup> Технологічний інститут УніТек

П/скр. 92025, вул. Вікторії (Захід), Окленд 1142, Нова Зеландія

**Реферат.** Розглядаються історичні відомості щодо трапляння *Chenopodium ficifolium* (*Chenopodiaceae*) та сучасний статус виду в Новій Зеландії. Цей вид євразійського походження наводився для Нової Зеландії як випадково занесений адвентивний вид, принаймні з часів першої вказівки Кирка 1896 року, який знайшов *C. ficifolium* у 1892 році в порту м. Веллінгтон на купах корабельного баласту. Відомо щонайменше сім надійних зборів або вказівок у різних географічних регіонах – від Північного острова (Окленд і Веллінгтон) до Південного (Крайстчерч) та одного з південних островів Тіті. Проте, фактичне поширення виду в Новій Зеландії, ймовірно, виявлене недостатньо через його подібність до *C. album*. Вірогідно що, *C. ficifolium* був уперше занесений до Нової Зеландії значно раніше, ніж у 1892 році, про що свідчить гербарний зразок, зібраний Дж. Еверардом Хоумом у 1840-х роках. Цей зразок нещодавно був знайдений в історичному гербарії Турчанинова (складова частина Національного гербарію України – KW); це лише один із багатьох ранніх зразків у KW, зібраних Хоумом, А. Каннінґемом і Р. Каннінґемом у Новій Зеландії в першій половині XIX століття. Швидше за все, Турчанинов отримав ці новозеландські зразки з Королівського ботанічного саду К'ю в обмін на свої сибірські чи інші колекції. Ми сподіваємося, що ретельний перегляд новозеландських зразків, наявних у гербарії Турчанинова в KW, виявить важливі та цікаві результати не лише щодо аборигенних рослин (включаючи типові зразки), але й щодо адвентивних (чужорідних) видів, занесених на ранніх етапах європейської колонізації; це дозволить прояснити найдавніші етапи їхньої експансії в Новій Зеландії.

**Ключові слова:** *Chenopodiaceae*, *Chenopodium ficifolium*, адвентивний вид, Азія, гербарій, історія ботаніки, Нова Зеландія

© 2020 S.L. Mosyakin, P.J. de Lange. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

## Introduction

*Chenopodium ficifolium* Sm. (*Chenopodiaceae*, or *Amaranthaceae* sensu APG) is a species of the genus *Chenopodium* L. in the strict sense, meaning the group that resulted from the recent segregation of *Dysphania* R.Br. (see Mosyakin, Clemants, 2002, 2008; Clemants, Mosyakin, 2003; Fuentes et al., 2012b) and several other now recognized genera, such as *Blitum* L., *Chenopodiastrum* S.Fuentes, Uotila & Borsch, *Lipandra* Moq., *Oxybasis* Kar. & Kir., *Teloxys* Moq. (Fuentes et al., 2012a, b). This generic rearrangement is now widely accepted (see an overview in: Hernández-Ledesma et al., 2015, etc.). However, alternative views on generic delimitation in the group also exist. For example, Feodorova (2014, 2018) advocated a much wider circumscription of *Blitum*, including *Lipandra*, *Oxybasis*, and *Chenopodiastrum*. Zhu and Zhang (2016) and Zhu and Sanderson (2017) recognized additional segregate genera *Roubieva* Moq. and *Neobotrydium* Moldenke; however, it is not justified from both phylogenetic and morphological viewpoints (see comments in Sukhorukov et al., 2016a, 2019) because both *Roubieva* and *Neobotrydium* are phylogenetically deeply nested in *Dysphania*. The new genus *Carocarpidium* S.C.Sand. & G.L.Chu proposed by Zhu and Sanderson (2017) for *C. californicum* (S.Watson) S.C.Sand. & G.L.Chu (that species was originally described and is now properly accepted as *Blitum californicum* S.Watson, earlier it was also known as *Chenopodium californicum* (S.Watson) S.Watson) should also better remain in *Blitum*.

Within *Chenopodium* sensu stricto, *C. ficifolium* is an important species from taxonomic and evolutionary perspectives because it is a diploid ( $2n = 18$ ) representing one of the primary evolutionary lineages, either the extended B-genome group of diploids (also containing *C. suecicum* Murr and some other less known species) or a close sister group to the core clade of B-genome diploids. Such diploids through hybridization and allopolyploidy gave rise to several other groups and taxa of derived tetraploids and hexaploids (Walsh et al., 2015; Mandák et al., 2018, and references therein). The names *C. serotinum* L. and *C. viride* L. were partly misapplied to *C. ficifolium* (see details in: Aellen, 1941; Uotila, 1979; Mosyakin, Iamónico, 2018).

*Chenopodium ficifolium* is widespread in temperate to subtropical regions of Eurasia, from Atlantic Europe in the west through southern Asia to the East Asian region (Aellen, 1929, 1960–1961; Uotila, 1997, 2001a, b; Paul, 2012; Mosyakin, 2016; Clemants, 2006; Sukhorukov

et al., 2016b, 2019; etc.). The species is also known as occasionally introduced in many other regions of the world, such as North America (Clemants, Mosyakin, 2003; Mosyakin, 2016, and references therein), Australia (Wilson, 1984; mentioned as not confirmed), and New Zealand (Kirk, 1896; Allan, 1940; Sykes, 1982; Webb et al., 1988, reported as casual). The highest morphological and probably also genetic diversity of *C. ficifolium* s. l. is concentrated in southern (Indian subcontinent) and southeastern Asia, where several infraspecific taxa are recognized, in particular, *C. ficifolium* subsp. *blomianum* (Aellen) Aellen (*C. blomianum* Aellen) and some varieties (see Aellen 1928, 1960–1961; Uotila, 1997, 2001a; Mosyakin, 2016; Mosyakin, Mandák, 2018, and references therein). Most probably several additional infraspecific entities or even segregate species will be recognized among Asian representatives of this group in the future.

In our opinion, *C. ficifolium* s. l. originated or at least diversified in southern and southeastern Asian regions, while in western Eurasia, including most of Europe, this species is an introduced archaeophyte (e.g., Preston et al., 2004). It is a more recent alien (kenophyte or neophyte; for terminology, see Richardson et al., 2011) in other parts of the world, as compared to Europe. In addition, at least some records of *C. ficifolium* worldwide are based on misidentifications, and thus the patterns of distribution and dispersal of that species in various parts of the world should be critically re-assessed based on reliable herbarium evidence.

### ***Chenopodium ficifolium* in New Zealand: available historical evidence**

Sykes (1982) listed *C. ficifolium* as first reported from New Zealand by Kirk (1896). In that article Kirk reported his observations on "the introduction of injurious weeds in earth-ballast" of ships visiting the port of Wellington. *Chenopodium ficifolium* was initially revealed "in great abundance" (Kirk, 1896: 506) on a ballast heap at a railroad near the port; the following information was also provided: "Amongst the plants of the first year [1892 – S.M. & P.dL.] were *Chenopodium ficifolium*, *Emex australis*, *Alternanthera sessilis*, *Galinsoga parviflora*, *Echium plantagineum*, *Cenia turbinata*, *Bowlesia tenera*, *Cichorium endivium*, none of which made their appearance the second year [1893 – S.M. & P.dL.] except the *Chenopodium*, which occurred in some quantity, and was represented by a few straggling specimens last year [1894 – S.M. & P.dL.], although not a scrap is to be seen at this date [in 1895 – S.M. & P.dL.]" (Kirk, 1896: 502).

Cheeseman (1906: 1085) mentioned Kirk's specimen or specimens in Appendix II "List of plants naturalized in New Zealand", but not in the main part of his *Manual of the New Zealand Flora*. Subsequent reports of it from New Zealand were by Sykes (1982: 327) who noted *C. ficifolium* from "Wellington, Christchurch, Ashburton etc.", whilst Webb et al. (1988: 523) treated it as a  $\zeta$  record (i.e., a failed or casual naturalization), noting that the species "has been collected in Wellington (in 1894) and occasionally elsewhere since". Thus, it looks like the apparent first appearance of *C. ficifolium* in New Zealand in the 1890s was as an ephemeral, and that to date this species is still regarded in New Zealand as an uncommon casual rather than fully naturalised species (Webb et al., 1988).

The question remains though, was Kirk's 1894 observation of *Chenopodium ficifolium* truly the first occurrence of this species in New Zealand? Considering the importance of shipping to the then fledgling New Zealand colony, and the virtual absence of any interest in biosecurity or indeed local expertise versed in recognising new incursions during the 1800s, we think it highly likely that there were possible earlier introductions of that species (as well as some other unnoticed alien taxa) within ship ballast, agricultural goods, or packaging material. Central to this problem is deciding on a date of a "first" introduction or naturalization, an issue that has been treated in differing ways by New Zealand botanists and flora writers. Clearly it is difficult to truly know the exact date of when a species has arrived. Realistically, when such dates are given, they more often than not reflect the first undisputed herbarium evidence of an introduction event, thus a putative "first record", rather than the actual "oldest" specimen. By way of example, the accepted "first record" supporting the naturalization of *Banksia integrifolia* L.f. (*Proteaceae*) to New Zealand was given as 1991 by Webb et al. (1995) despite the existence of specimens predating that record by four years (E.K. Cameron 1987, AK herbarium; here and below herbarium acronyms are given following Thiers, 2008–onward). While "first records" have a specific meaning to the authors concerned, to the general public the distinction is less clear, potentially causing problems when dealing with the incursion of exotic biota that pose a threat to New Zealand's indigenous biota, ecosystems, landscapes, and economy (see an overview in: Allen, Lee, 2006).

Below we explore this problem through the documentation of a herbarium specimen of *Chenopodium ficifolium*, most probably collected from northern New Zealand by J. Everard Home in the 1840s.

### The specimen of *Chenopodium ficifolium* from New Zealand in the Turczaninow herbarium at KW

During a search for additional type specimens of *Chenopodium* s. l. in the Turczaninow Historical Herbarium at the National Herbarium of Ukraine (KW, the herbarium of the M.G. Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine), Sergei Mosyakin noticed in the general blue-paper folder labeled as "*Chenopodium album*" a specimen with the following label: "*Chenopodium album* L. | [one letter illegible, probably Greek  $\gamma$  or  $\varepsilon$  – S.M.] *viride* Moq. | Nova Zeelandia | Everard Home", KW barcode KW001003098, Fig. 1. The handwriting on the label corresponds to that on some other labels of Home's New Zealand specimens in the Turczaninow herbarium, e.g., the labels of original specimens of *Geranium homeanum* Turcz., KW001001014 and KW001001016 (see Mosyakin, de Lange, 2019). Most probably such labels are curatorial because their handwriting is different from that of J. Everard Home.

The original identification of the plant on the label of KW001003098 (*C. album* var. *viride*) needs some comments. This identification probably refers to the variety-rank name used by Moquin-Tandon in one of his publications. Moquin-Tandon (1840: 29) in his *Chenopodearum monographica enumeratio* used the name *C. album* L.  $\gamma$  [var.] *viridescens* St.-Amans [sensu Moq.] with a synonym "*Chenopodium viride plurimorum Auct. non Linn.*", thus indicating that the name *C. viride* L. s. str. (which he then accepted in the sense now partly corresponding to *C. opulifolium* Schrad. ex Koch & Ziz (1814); see Moquin-Tandon, 1840: 28) was misapplied by many authors ("*plurimorum auctorum*") to that variety. The reference to "St. Am." in Moquin-Tandon (1840: 29) refers to the book *Flore Agenaise* by J.F.B. de Saint-Amans (1821).

Saint-Amans (1821: 105) proposed the variety-rank epithet *viridescens* for *C. viride* L. s. str., as it is evident from his citation: " $\beta$ . C. a. [*Chenopodium album* var.] *viridescens*. Grappes plus lâches... *C. viride*. Linn. Sp. 319, exclus. Vaill. Syn... J.B. Hist. 2. p. 972". Since in the protologue of var. *viridescens* the name *C. viride* was cited in synonymy, the name *C. album* var. *viridescens* St.-Amans is a superfluous name for the earlier combination *C. album* var. *viride* (L.) Pursh (Art. 52.1 of the ICN: Turland et al., 2018). In turn, Pursh (1813: 198) validated his variety  $\beta$  *viride* (variety-rank combination in modern terms) through a direct reference to Willdenow (1798: 1303), where Linnaean *C. viride* was accepted as a species.



Figure 1. The specimen of *Chenopodium ficifolium* Sm. from the Turczaninow Historical Herbarium (KW-TURCZ) at the National Herbarium of Ukraine (KW): "*Chenopodium album* L. | [one letter illegible, probably Greek  $\gamma$  or  $\epsilon$ , meaning a variety] *viride* Moq. | Nova Zeelandia | Everard Home", KW barcode KW001003098



For var. *viridescens*, Moquin-Tandon (1849: 71) applied in his treatment in de Candolle's *Prodromus* the same nomenclature and the same taxonomic concept as he did earlier (1840) in his *Enumeratio...*, but in 1849 he also accepted *C. album*  $\varepsilon$  [var.] *viride* based on *C. viride* L. s. str. The treatment in *Prodromus* was probably the source of identification of the New Zealand plant in the Turczaninow herbarium.

Now the name *C. viride* L. has been proposed for rejection (Mosyakin, Iamónico, 2018) because of the uncertain identity of its type and also because that name was widely and inconsistently misapplied by many authors to several related or even quite unrelated taxa of *Chenopodium*, including species now accepted as *C. ficifolium*, *C. opulifolium*, *C. suecicum*, etc.

### Reconstructing a possible history of Home's specimen of *Chenopodium ficifolium*

The British naval officer Sir James Everard Home (1798–1853) was also a plant collector who contributed to British herbaria with his specimens from China and Australasia (Beasley, 2000; Godley, 2010; JSTOR Global Plants, 2013–onward). Plant collections of or separate specimens collected by J. Everard Home are known to be deposited in the following herbaria: BM, K, LINN-SM, and FI (Jackson, 1901; Murray, 1904; Lanjouw, Stafleu, 1957; JSTOR Global Plants, 2013–onward). Until recently, no published information was available on the presence of Home's specimens in KW, but now we understand that many of his important specimens, mainly those from New Zealand, are incorporated in the vast Turczaninow historical herbarium (see Marchant, 1990; Mosyakin et al., 2019; Mosyakin, de Lange, 2019, and references therein).

Captain Home was given command of the frigate *HMS North Star* in 1841 and served on that ship until 1846. During this period, he in 1841–1842 participated in military operations (the First Anglo-Chinese War, also known as the Opium War) and did some scientific observations in China, visited and was stationed in Australia, and also visited New Zealand four times, in 1843, 1845, 1845–1846, and then briefly in 1852 (Godley, 2010; JSTOR Global Plants, 2013–onward). It is thought that most of his botanical collections from New Zealand were made during the second and third visits there, so probably the specimen of *C. ficifolium* (KW001001014) was collected in the mid-1840s.

Jackson (1901: 33) reported that Home's collections from Australia and New Zealand were received by the Kew Gardens in 1846–1851. He, however, noted in the

introductory part of his list that "there is no detailed records of the plants exchanged or presented to other herbaria, so that, though the collections here named were once here [at Kew] they may have since been transferred to other possessors" (Jackson, 1901: 2). That was probably what happened to some of the Kew collections of Everard Home, which were exchanged for some of Turczaninow's specimens. Jackson (1901: 65) listed "**Turczaninow, Nicolas Stepanowitch**, Baical, 1833–42" [the reported years cover most of the Siberian period (1828–1844) in the life of Turczaninow], thus indicating that the K herbarium received duplicates of Turczaninow's Siberian plants, which were used by the author for compiling his *Flora Baicalensi-Dahurica*; for bibliography and other details on that *Flora*, see Stafleu (1969), Lipschitz (1964), and Stafleu & Cowan (1986).

Murray (1904: 87 156) reported that the Department of Botany of the British Museum received in 1843 "90 plants from the east coast of China collected and presented by Sir Everard Home; the following year, 51 plants were presented" (Murray 1904: 87). In 1846 the Museum received "715 plants from Australia and the Pacific Islands, collected and presented by Sir Everard Home; in 1853, 400 plants, with numerous cryptogams, were presented; in 1854, 174" (Murray, 1904: 88). This information is also summarized on p. 156, where Murray (l.c.) reports 141 plant specimens from China presented in 1843–1844, and totally 1286 specimens from Australia and the Pacific presented in 1846 and 1853. It should be noted that in that case Murray (l.c.) reported the donations of Captain Sir J. Everard Home (2<sup>nd</sup> Baronet), not to be confused with his father Sir Everard Home (1756–1832; see Beasley, 1997, 2000), a British surgeon who was also mentioned (as "Sir Everard Home, Bart. [Baronet]") in the same volume as the presenter of a paleontological specimen, the "part of the vertebral column of *Ichthyosaurus*, from Lower Lias, Lyme Regis" (see Woodward 1904: 202, 298).

The visits of British ships to the Australasian region (Australia and/or New Zealand) and various southern and eastern regions of Asia (China, India, etc.) during the same navigation were definitely not exceptional. The ships often stopped in various East Indian and Chinese ports for supplies or trade items on the way to and from Australia and/or New Zealand. Early introductions of various weedy species brought to New Zealand in the 19<sup>th</sup> century with agricultural / horticultural goods and supplies or ship ballast are documented in many publications (see Allan, 1940; Williams, Cameron, 2006, and references therein).

Since *C. ficifolium* is one of the common species of *Chenopodium* in these parts of Asia (or the most common *Chenopodium* in some regions, judging from the experience of Sergei Mosyakin at various herbaria containing SE Asian specimens), there is little surprise that the seeds of that weedy species were probably brought to New Zealand quite early, in the first half of the 19<sup>th</sup> century, as contaminants of grain or other agricultural goods, or with ship ballast. Alternatively, the diaspores of *C. ficifolium* may have been brought from Europe, in particular, Britain, where that species was definitely present at that time (Preston et al., 2004). Judging from the characters of the KW specimen collected by Home, the plant belongs to *C. ficifolium* subsp. *ficifolium*, not to the Asian subsp. *blomianum*. However, subsp. *ficifolium* is also rather widespread in eastern Asia (see, e.g., comments in Dostálek, 1986) and the particular morphotype represented by the specimen KW001003098 is known from both Asia and Europe. Thus, the direct source of immigration in that case remains elusive.

One may argue that, since Home collected both in China and New Zealand, his specimen of *C. ficifolium* may have in fact originated in China but was mislabelled as a plant collected in New Zealand. Indeed, a chance of mislabelling always exists for any old herbarium, and such occasional cases are known in the Turczaninow herbarium as well, a few of them applicable to taxa supposedly described from New Zealand (see comments in Gardner, 2020). However, in our opinion, in the particular case of *C. ficifolium* this chance is almost negligible and definitely not higher than that with any other average specimen from the Turczaninow collection. The specimen of *C. ficifolium* and its label look naturally as if they belong to each other and, judging from impressions that were on the original blue-paper folder containing the specimen, neither the plant nor the label were misplaced since the times when Turczaninow placed them there. The realistic possibility of an event of early introduction of that species to New Zealand, either from its native range in Asia or from its secondary range in Europe, is discussed and evaluated above.

#### ***Chenopodium ficifolium* in New Zealand: the present status**

In the interim *Chenopodium ficifolium* remains an uncommon plant in New Zealand. In that country it is known from at least seven collections lodged in the three main herbaria of New Zealand, AK, CHR, and WELT. On this evidence, the species is still a casual in that country's naturalized flora. However, despite the few collections available, it seems to be rather widespread (even if

scattered), with collections, including the Home specimen discussed above, ranging from the North Island (where it has been collected from Auckland and Wellington) to the South Island (Christchurch), with one collection from Poutama Island, one of the southern Titi Islands located south-west of Rakiura / Stewart Island. One recent iNaturalist observation (<https://www.inaturalist.org/observations/36525112>; also available from GBIF: <https://www.gbif.org/occurrence/2579254739>) made on 9 December 2019 in Christchurch shows three photographs of plants unmistakably identifiable as *C. ficifolium* s. str. The species is probably more widespread than this, as it has been widely confused with *C. album*, an extremely common and widely distributed naturalized species found throughout New Zealand, including the Chatham Islands (Webb et al., 1988; de Lange et al., 2011).

Judging from its present-day "ecological behavior" in Europe (see, for example, Preston et al., 2004; Thomas, Palmer, 2015, electronic supplement; Nobis et al., 2018, etc.), *C. ficifolium* has a rather low invasive potential and its chances to become a noxious invasive weed in New Zealand are rather low. However, other studies list *C. ficifolium* among "weeds that are increasingly spreading in Europe", especially weeds of grain legumes and root crops (Weber, Gut, 2005). The personal experience of the first author (Sergei Mosyakin) in Ukraine indicates that in that respect *C. ficifolium* is a rather unpredictable "oscillating" species, which sometimes can appear locally in great abundance (especially in crop fields or in gardens), but in just a few years can disappear totally or almost totally from that particular locality. Thus, New Zealand botanists, ecologists and farmers should keep a watchful eye on that seemingly innocent (not yet invasive) alien species.

#### **Concluding remarks**

The case described in the present note emphasizes the importance of old historical herbarium collections for tracing the dispersal and immigration patterns of alien species across the globe. A special revision of the 19-century herbarium specimens of *Chenopodium* (especially those identified as *C. album*, *C. viride*, etc.) from New Zealand is needed to confirm that *C. ficifolium* was indeed first brought to New Zealand and occurred there almost 50 years before it previously known "first official" record by Kirk (1896), or if additional collections were made between the mid-1840s and the 1890s.

We expect that a thorough revision of New Zealand specimens of early collectors and explorers, such as J. Everard Home, Allan and Richard Cunningham, which were recently revealed in the Turczaninow historical

herbarium at KW, may bring important and interesting results not only on native plants (including type specimens), but also for non-native species introduced during the early stages of the European colonization, which will document their earliest stages of expansion.

## Acknowledgments

We are grateful to Natalia M. Shiyani, Alisa V. Shumilova, and Svitlana I. Antonenko (M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine) for providing their assistance during the herbarium research of Sergei Mosyakin at KW. We also thank the staff and curators of AK (Ewen Cameron, Yumiko Baba), CHR (Ines Schönberger, Kate Boardman), and WELT (Leon Perrie) for their assistance with locating New Zealand specimens of *Chenopodium ficifolium*.

## References

- Aellen P. 1928. Neue adventiv *Chenopodium* aus Schweden. *Botaniska Notiser (Lund)* [vol. of 1928]: 203–210.
- Aellen P. 1929. *Chenopodium ficifolium* Sm. und seine Verwandten der eurasischen Flora. *Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis*, 27: 220–223.
- Aellen P. 1941. Zur Nomenklatur und Kenntnis von *Chenopodium ficifolium* Smith resp. *serotinum* L. und *Chenopodium viride* L. *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, 52: 158–159.
- Aellen P. 1960–1961. *Chenopodiaceae*. In: Hegi G. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Aufl. 2 (2<sup>nd</sup> ed.), Bd. (vol.) 3, T. (part) 2, Lief. 2–4. München: Lehmann Verlag [Reprinted in 1979: Berlin & Hamburg: Paul Parey Verlag], pp. 533–762.
- Allan H.H. 1940. *A handbook of the naturalized flora of New Zealand*. [New Zealand DSIR (Department of Scientific and Industrial Research) Bulletin 83]. Wellington, New Zealand: Government Printer, 344 pp.
- Allan H.H. 1961. *Flora of New Zealand*, vol. 1. Wellington, New Zealand: P.D. Hasselberg, Government Printer, liv + 1083 pp.
- Allen R.B., Lee W.G. (eds.). 2006. *Biological invasions in New Zealand*. [Ecological Studies, vol. 186]. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, xxiv + 457 pp. <https://doi.org/10.1007/3-540-30023-6>
- Beasley A.W. 1997. Home away from home. *Australian and New Zealand Journal of Surgery*, 67: 547–550. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.1997.tb02035.x>
- Beasley A.W. 2000. *Home away from home*. Wellington, N.Z.: Central Institute of Technology, in association with Grantham House, 158 pp.
- Cheeseman T.F. 1906. *Manual of the New Zealand flora*. Wellington: Government Printer, xxxvi + 1199 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.12003>
- Clemants S.E. 2006. *Chenopodiaceae*. In: Iwatsuki K., Boufford D.E., Ohba H. (eds.). *Flora of Japan*, vol. 2a. Tokyo: Kodansha, pp. 212–221.
- Clemants S.E., Mosyakin S.L. 2003. *Chenopodium*. In: *Flora of North America Editorial Committee* (Eds.). *Flora of North America North of Mexico*, vol. 4. New York & Oxford: Oxford University Press, pp. 275–299.
- de Lange P.J., Heenan P.B., Rolfe J.R. 2011. *Checklist of vascular plants recorded from the Chatham Islands*. Wellington: Department of Conservation, 57 pp. Available at: <https://www.doc.govt.nz/globalassets/documents/conservation/native-plants/chatham-islands-vascular-plants-checklist.pdf>
- Dostálek J. 1986. *Chenopodium ficifolium* Smith in the North Korea (D.P.R.K.). *Preslia* 58: 273–275.
- Feodorova T.A. 2014. *Chenopodium, Blitum, Dysphania*. In: Maevskiy P.F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*. 11<sup>th</sup> ed. Moscow: KMK Scientific Press, pp. 91–94. [Федорова Т.А. 2014. *Chenopodium, Blitum, Dysphania*. В кн.: Маевский П.Ф. *Флора средней полосы европейской части России*. 11-е изд. Москва: Товарищество научных изданий КМК, с. 91–94].
- Feodorova T.A. 2018. *Blitum, Chenopodium, Dysphania*. In: Reshetnikova N.M. (ed.). *Flora of the Lower Volga area*, vol. 2, part 1. Moscow: KMK Scientific Press, pp. 118–132. [Федорова Т.А. 2018. *Blitum, Chenopodium, Dysphania*. В кн.: *Флора Нижнего Поволжья*, т. 2, часть 1. Отв. ред. Н.М. Решетникова. Москва: Товарищество научных изданий КМК, с. 118–132].
- Fuentes-Bazan S., Mansion G., Borsch T. 2012a. Towards a species level tree of the globally diverse genus *Chenopodium* (*Chenopodiaceae*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62: 359–374. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.10.006>
- Fuentes-Bazan S., Uotila P., Borsch T. 2012b. A novel phylogeny-based generic classification for *Chenopodium* sensu lato, and a tribal rearrangement of *Chenopodioideae* (*Chenopodiaceae*). *Willdenowia*, 42: 5–24. <https://doi.org/10.3372/wi.42.42101>
- Gardner R. 2020. Plants from "New Zealand" named by N.S. Turczaninov, and a note on collector W. Stephenson. *New Zealand Botanical Society Newsletter*, 139: 10–13.
- Godley E.J. 2010. Biographical Notes (76). Captain Sir James Everard Home (1798–1853). *New Zealand Botanical Society Newsletter*, 100: 16–19.
- Hernández-Ledesma P., Berendsohn W.G., Borsch T., von Mering S., Akhiani H., Arias S., Castañeda-Noa I., Eggli U., Eriksson R., Flores-Olvera H., Fuentes-Bazán S., Kadereit G., Klak C., Korotkova N., Nyffeler R., Ocampo G., Ochoterena H., Oxelman B., Rabeler R.K., Sanchez A., Schlumpberger B.O., Uotila P. 2015. A taxonomic backbone for the global synthesis of species diversity in the angiosperm order *Caryophyllales*. *Willdenowia*, 45: 281–383. <http://dx.doi.org/10.3372/wi.45.45301>
- Jackson W.T.T. 1901. A list of the collectors whose plants are in the herbarium of the Royal Botanic Gardens, Kew, to 31<sup>st</sup> December, 1899. *Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Botanic Gardens, Kew)*, Nos. 169–171: 1–80.

- JSTOR Global Plants. 2013–onward. *Home, James Everard (1798–1853)*. Available at: <https://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.person.bm000393164> (Accessed 20 February 2020).
- Kirk T. 1896. On the products of a ballast-heap. *Transactions and Proceedings of the New Zealand Institute*, 28 [vol. of 1895]: 501–507.
- Koch W.D.J., Ziz J.B. 1814. *Catalogus plantarum, quas in ditione Florae Palatinatus legerunt G. Koch et J.B. Ziz, in amicorum usum conscriptas. Phanerogamia. Moguntiae [Mainz]*, 24 pp.
- Lanjouw J., Stafleu F.A. 1957. *Index Herbariorum*, Part II(2): Collectors E–H. [Regnum vegetabile, vol. 9]. Utrecht: International Bureau of Plant Taxonomy and Nomenclature of the International Association for Plant Taxonomy, pp. 175–295.
- Lipschitz S.Yu. 1964. Life and works of the outstanding Russian botanist and plant taxonomist N.S. Turczaninow (1796–1863). A report delivered at the General Session of the All-Union Botanical Society on 18 December 1963. *Botanicheskii Zhurnal*, 49(5): 752–766. [Липшиц С.Ю. 1964. Жизнь и творчество замечательного русского ботаника-систематика Н.С. Турчанинова (1796–1863). Доклад, прочитанный на общем собрании Всесоюзного Ботанического общества 18.XII.1963 г. *Ботанический журнал*, 49(5): 752–766].
- Mandák B., Krak K., Vít P., Lomonosova M.N., Belyayev A., Habibi F., Wang L., Douda J., Štorchová H. 2018. Hybridization and polyploidization within the *Chenopodium album* aggregate analysed by means of cytological and molecular markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 129: 189–201. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.08.016>
- Marchant N.G. 1990. The contribution of the Russian botanist Turczaninow to Australian plant taxonomy. In: *History of Systematic Botany in Australasia. Proceedings of a symposium held at the University of Melbourne 25–27 May 1988*. Ed. P.S. Short. Canberra: ASBS, pp. 121–130.
- Moquin-Tandon A. 1840. *Chenopodearum monographica enumeratio*. Parisiis [Paris]: Apud P.-J. Loss, ix + 182 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.15484>
- Moquin-Tandon A. 1849. Ordo *Salsolaceae*. In: de Candolle A.P. (ed.). *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*, vol. 13(2). Parisiis [Paris]: Apud P.-J. Loss, pp. 41–219.
- Mosyakin S.L. 2016. First record of *Chenopodium ficifolium* subsp. *blomianum* (*Chenopodiaceae*) in North America. *Phytoneuron*, 2016-33: 1–6. Available at: <http://www.phytoneuron.net/2016Phytoneuron/33PhytoN-Chenopodiumblomianum.pdf>
- Mosyakin S.L., Clemants S.E. 2002. New nomenclatural combinations in *Dysphania* R.Br. (*Chenopodiaceae*): taxa occurring in North America. *Ukrainian Botanical Journal*, 59(4): 380–385.
- Mosyakin S.L., Clemants S.E. 2008. Further transfers of glandular-pubescent species from *Chenopodium* subg. *Ambrosia* to *Dysphania* (*Chenopodiaceae*). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 2(1): 425–431. Available at: <https://www.jstor.org/stable/41971654>
- Mosyakin S.L., de Lange P.J. 2019. Notes on typification and nomenclature of four taxa of *Geraniaceae* described by Turczaninow from New Zealand and Australia. *Phytotaxa*, 419(2): 169–181. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.419.2.3>
- Mosyakin S.L., Iamónico D. 2018. (2632) Proposal to reject the name *Chenopodium viride* (*Chenopodiaceae*; *Amaranthaceae* sensu APG). *Taxon*, 67(4): 811–812. <https://doi.org/10.12705/674.17>
- Mosyakin S.L., Mandák B. 2018. (2658) Proposal to reject the name *Atriplex bengalensis* (*Chenopodium bengalense*) (*Chenopodiaceae* / *Amaranthaceae* sensu APG). *Taxon*, 67(6): 1218–1219. <https://doi.org/10.12705/676.27>
- Mosyakin S.L., McNeill J., Boiko G.V. 2019. Comments on proper type designation for names of taxa validated by Turczaninow in his *Animadversiones*, with case studies. *Ukrainian Botanical Journal*, 76(5): 379–389. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.05.379>
- Murray G. 1904. The Department of Botany. In: *The history of the collections contained in the Natural History departments of the British Museum*, vol. 1. London: Printed by order of the Trustees of the British Museum, by William Clowes and Sons, Limited, pp. 79–193. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.20926>
- Nobis A., Nowak A., Rola K. 2018. Do invasive alien plants really threaten river bank vegetation? A case study based on plant communities typical for *Chenopodium ficifolium* – an indicator of large river valleys. *PLoS ONE*, 13(3): e0194473. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194473>
- Paul T.K. 2012. A synopsis of the family *Chenopodiaceae* in India. *Pleione*, 6(2): 273–297.
- POWO. 2020–onward. *Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Available at: <http://www.plantsoftheworldonline.org> (Accessed 20 February and 18 March 2020).
- Preston C.D., Pearman D.A., Hall A.R. 2004. Archaeophytes in Britain. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 145(3): 257–294. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2004.00284.x>
- Pursh F. 1813 [dated as 1814]. *Flora Americae Septentrionalis; or, a Systematic arrangement and description of the plants of North America. Containing, besides what have been described by preceding authors, many new and rare species, collected during twelve years travels and residence in that country*, vol. 1. London: Printed for White, Cochrane, and Co., by Richard and Arthur Taylor, xxxvi + 358 pp.
- Richardson D.M., Pyšek P., Carlton J.T. 2011. A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions. In: Richardson D.M. (ed.). *Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton*. Oxford: Blackwell Publishing, pp. 409–420.
- Saint-Amans J.F.B. de. 1821. *Flore Agenaise; ou, Description méthodique des plantes observées dans le département de Lot-et-Garonne et dans quelques parties des départemens voisins*. Agen: Prosper Noubel, 61 + 632 pp.

- Staffeu F.A. 1969. Turczaninow's *Flora Baicalensi-Dahurica*. *Taxon*, 8(5): 563–565. Available at: <https://www.jstor.org/stable/1218386>
- Staffeu F.A., Cowan R.S. 1986. *Taxonomic literature: A selective guide to botanical publications and collections with dates, commentaries and types*, vol. 6: Sti–Vuy. 2<sup>nd</sup> ed. Utrecht; Antwerpen: Bohn, Scheltema & Holkema / The Hague; Boston: dr. W. Junk b.v., Publishers, 926 pp.
- Sukhorukov A.P., Kushunina M.A., Verloove F. 2016a. Notes on *Atriplex*, *Oxybasis* and *Dysphania* (*Chenopodiaceae*) in West-Central Tropical Africa. *Plant Ecology and Evolution* 149(2): 249–256. <https://doi.org/10.5091/pelevevo.2016.1181>
- Sukhorukov A.P., Aellen P., Edmondson J.R., Townsend C.C. 2016b. *Chenopodiaceae*. In: Ghazanfar S.A., Edmondson J.R. (eds.). *Flora of Iraq*, vol. 5(1). Glasgow: Bell and Bain Ltd, pp. 164–256.
- Sukhorukov A.P., Liu P.-L., Kushunina M. 2019. Taxonomic revision of *Chenopodiaceae* in Himalaya and Tibet. *PhytoKeys*, 116: 1–141. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.116.27301>
- Sykes W.R. 1982. Checklist of dicotyledons naturalised in New Zealand 14. *Chenopodiales* and *Polygonales*. *New Zealand Journal of Botany*, 20(4): 325–331. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1982.10428501>
- Thiers B. 2008–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 18 March 2020).
- Thomas C.D., Palmer G. 2015. Non-native plants add to the British flora without negative consequences for native diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences [USA]*, 112(14): 4387–4392. Available at: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1423995112](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1423995112)
- 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. Glashütten: Koeltz Botanical Books. *Regnum Vegetabile*, 159: i–xxxviii + 1–254. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Uotila P. 1979. *Atriplex prostrata* subsp. *polonica* and *Chenopodium serotinum*. *Annales Botanici Fennici*, 16: 197–198.
- Uotila P. 1997. *Chenopodium*. In: Rechinger K.-H. (ed.). *Flora Iranica*, No. 172, *Chenopodiaceae*. Graz: Akademische Druck- u. Verlagsanstalt, pp. 24–59.
- Uotila P. 2001a. *Chenopodium*. In: Ali S.I., Qaiser M. (eds.). *Flora of Pakistan*, No. 204. Karachi: Dept. of Botany, Univ. of Karachi & St. Louis: Missouri Botanical [Garden] Press, Missouri Botanical Garden, pp. 13–52.
- Uotila P. 2001b. *Chenopodium*. In: Jonsell B. (ed.). *Flora Nordica*, vol. 2. Stockholm: Bergius Foundation, Royal Swedish Academy of Sciences, pp. 4–31.
- Walsh B.M., Adhikary D., Maughan P.J., Emshwiller E., Jellen E.N. 2015. *Chenopodium* polyploidy inferences from *Salt Overly Sensitive 1 (SOS1)* data. *American Journal of Botany*, 102(4): 533–543. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400344>
- Webb C.J., Sykes W.R., Garnock-Jones P.J. 1988. *Flora of New Zealand*, vol. 4. Christchurch: Botany Division, Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), lxviii + 1365 pp.
- Webb C.J., Sykes W.R., Garnock-Jones P.J., Brownsey P.J. 1995. Checklist of dicotyledons, gymnosperms, and peridophytes naturalised or casual in New Zealand: additional records 1988–1993. *New Zealand Journal of Botany*, 33: 151–182.
- Weber E., Gut D. 2005. A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe. *Agronomy for Sustainable Development*, 25(1): 109–121. <https://doi.org/10.1051/agro:2004061>
- Williams P.A., Cameron E.K. 2006. Creating Gardens: The diversity and progression of European plant introductions. In: Allen R.B., Lee W.G. (eds.). *Biological invasions in New Zealand*. [Ecological Studies, vol. 186]. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, pp. 33–47. [https://doi.org/10.1007/3-540-30023-6\\_3](https://doi.org/10.1007/3-540-30023-6_3)
- Wilson P.G. 1984. *Chenopodiaceae*. In: George A.S. (ed.). *Flora of Australia*, vol. 4. Canberra: Australian Government Publishing Service, pp. 81–317.
- Willdenow C.L. 1798. *Caroli a Linné Species Plantarum: exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*, 4<sup>th</sup> ed., vol. 1(2). Berolini [Berlin]: G.C. Nauk, pp. 499–1568. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.727>
- Woodward A.S. 1904. The Department of Geology. In: *The history of the collections contained in the Natural History departments of the British Museum*, vol. 1. London: Printed by order of the Trustees of the British Museum, by William Clowes and Sons, Limited, 1904, pp. 195–340. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.20926>
- Zhu G.-L., Sanderson S.C. 2017. *Genera and a new evolutionary system of World Chenopodiaceae*. Beijing: Science Press, 361 pp.
- Zhu G., Zhang M. 2016. Resurrection of the genus *Botrydium* Spach (*Chenopodiaceae*), with a description of four new species from China, Peru and Burundi. *Plant Diversity*, 38(6): 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.10.005>
- Zhu G.-L., Mosyakin S.L., Clemants S.E. 2003. *Chenopodiaceae*. In: Wu Z.-Y., Raven P.H., Hong D.-Y. (eds.). *Flora of China*, vol. 5. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, pp. 351–414.

Recommended for publication by D.V. Dubyna



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.02.090>

## Популяційна структура *Betula pendula* (*Betulaceae*) на залізорудних відвалах Криворіжжя

Іван І. КОРШИКОВ<sup>1,2</sup>, Юлія М. ПЕТРУШКЕВИЧ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Криворізький ботанічний сад НАН України  
вул. Маршаків 50, Кривий Ріг 50089, Україна  
[ivivkor@gmail.com](mailto:ivivkor@gmail.com)

<sup>2</sup>Донецький ботанічний сад НАН України  
вул. Маршаків 16А, Кривий Ріг 50089, Україна  
[petrushkevitch.yulya@gmail.com](mailto:petrushkevitch.yulya@gmail.com)

Korshykov I.I.<sup>1,2</sup>, Petrushkevych Yu.M.<sup>2</sup> 2020. Population structure of *Betula pendula* (*Betulaceae*) on iron ore mine dumps (tailings) of the Kryvyi Rih area. *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 90–103.

<sup>1</sup>Kryvyi Rih Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine  
50 Marshaka Str., Kryvyi Rih 50089, Ukraine

<sup>2</sup>Donetsk Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine  
16A Marshaka Str., Kryvyi Rih 50089, Ukraine

**Abstract.** The article presents the results of investigation of the population structure of *Betula pendula* at four iron ore mine dumps (tailings) of the Kryvyi Rih area, of the Northern and Central Mining-and-Processing combines (NorthMPC and CMPC). Totally, eleven population loci on the Petrivskiyi and Avtomobilnyi dumps of the Pershotravnevyi quarry, dump No. 7 and Petrivskiyi-2 dump of the Hleyuvatskiy quarry of CMPC were investigated. The area of population loci, number and density of different aged individuals in each locus, as well as their percentage for each dump were ascertained. The morphometric parameters of the largest trees of *Betula pendula* on the Petrivskiyi dump and trees of the generative age in all population loci were studied. A high-level vitality state of adult (mature) individuals in all population loci has been noted. We observed frequent changes of life forms of *Betula pendula*: sprout-forming, trees with few trunks (up to 3) and multi-stemmed trees (more than 3 trunks) formed as a result of the development of additional trunks from resting or adventitious buds under specific conditions of iron ore dumps in the Kryvyi Rih area. One-sided, bilateral and versatile dominant directions of the spread of self-seedlings in various loci were revealed. An analysis of the age structure demonstrated that out of eleven population loci, ten are young, in six of them plants are capable of complete self-renewal; a single locus is ripening, in which only 58% of generative individuals can recover. According to results of the study of the vitality structure, eight population loci belong to the flourishing type and three – to the depressive one. It has been found that the vitality of individuals depends on the environmental conditions as well as physical and chemical properties of the substrate. Due to constant self-renewal and self-maintenance in all the eleven population loci, *Betula pendula* can form stable primary populations under extreme conditions and thus is perspective for recultivation of technogenically disturbed landscapes.

**Keywords:** *Betula pendula*, iron ore dumps, population locus, self-seedling, self-maintenance

Submitted 13 June 2019. Published 29 April 2020

Коршиков І.І., Петрушкевич Ю.М. 2020. Популяційна структура *Betula pendula* (Betulaceae) на залізорудних відвалах Криворіжжя. *Український ботанічний журнал*, 77(2): 90–103.

**Реферат.** Наведено результати досліджень популяційної структури *Betula pendula* на залізорудних відвалах Криворіжжя, що належать до Північного та Центрального гірничо-збагачувальних комбінатів (ПівнГЗК та ЦГЗК). Всього було досліджено 11 популяційних локусів на чотирьох відвалах – Петрівському, автомобільному відвалі Першотравневого кар'єру, відвалі № 7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК та на відвалі Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК. Встановлено площу популяційних локусів, кількість і щільність різновікових особин у кожному локусі та їхній відсоток на кожному відвалі. Вивчено морфометричні параметри найбільших за розміром дерев *B. pendula* на Петрівському відвалі та дерев у генеративній фазі в усіх популяційних локусах. Відмічено високий рівень життєвого стану дорослих особин у всіх 11 популяційних локусах. Зафіксовано, що нерідко у рослин *B. pendula* відбуваються зміни життєвої форми: поростеутворюючі, небагатостовбурові (з 2–3-ма стовбурами) та багатостовбурові дерева (більше 3-х стовбурів), які утворюються внаслідок розвитку нових структур (стовбурів та стовбурців) із сплячих або додаткових бруньок. Виявлено одно-, дво- та різносторонній домінуючі напрямки поширення самосіву в різних локусах. Аналіз вікової структури показав, що 10 з 11 популяційних локусів є молодими, у шести з них рослини здатні до повного самовідновлення та в єдиному, який є зрілим, підріст спроможний відновити лише 58% генеративних особин після їхнього відмирання. За результатами дослідження віталітетної структури, вісім популяційних локусів належать до процвітаючого типу, три – до депресивного. З'ясовано, що рівень життєвості особин залежить від умов існування та фізико-хімічних властивостей субстрату. Загалом, завдяки постійному самовідновленню і самопідтриманню, *Betula pendula* утворює в екстремальних умовах стійкі первинні популяції і є перспективним видом для рекультивації техногенно порушених ландшафтів.

**Ключові слова:** *Betula pendula*, залізорудні відвали, популяційний локус, самосів, самовідновлення

## Вступ

Площа промислово порушених територій в Україні складає сотні тисяч гектарів, а у великих промислових регіонах, таких як Кривбас і Донбас, техногенні новоутворення – відвали, хвостосховища, кар'єри – є потужними осередками забруднення навколишнього середовища. У попередні роки рекультивації таких порушених земель у степовій зоні України постійно приділялась велика увага з боку держави, розроблялись стійкі моделі відновлення цих територій (Bekarevich et al., 2003). Переважна більшість таких моделей передбачала покриття техногенно порушених земель шаром ґрунту різної товщини з метою створення умов для проведення біологічної рекультивації. Наприклад, на техногенних ландшафтах степової зони сприятливі умови для заселення різних видів рослин створювали шляхом внесення шару насипного ґрунту не менше 120–180 см (Zverkovskiy, Turika, 2003). Однак подібні заходи є доволі трудомісткими та потребують великих фінансово-матеріальних ресурсів.

Більш як сторічний безперервний активний розвиток гірничодобувної промисловості у Криворізькому залізорудному басейні призвів до формування великої за площею хаотично розкиданої техногенно порушеної зони, однією з найбільш складових якої є кар'єрно-відвальні утворення (Safonova, Reva, 2009; Babets, 2011). Часткове відновлення таких докорінно порушених територій можливе, в першу чергу, за допомоги цілеспрямованої біологічної рекультивації, яка в

останні роки в Україні, порівняно з державами ЄС, майже не проводиться, а також внаслідок вільного спонтанного природного заростання. Цей важливий природний механізм формування біогеоценозів на великих за площею антропогенних новоутвореннях на сьогодні малодосліджений. Окремої уваги потребує колонізація деревними рослинами територій у степовій зоні. Цей процес спостерігається на Криворіжжі, незважаючи на довготривалі посухи, які супроводжують загальне потепління клімату.

Питаннями колонізації вищими рослинами відвалів Криворізького залізорудного басейну займаються більше 50 років (Dobrovolskyi et al., 1979; Reva et al., 1993; Pavlenko et al., 2017). Серед піонерних видів, які успішно колонізують техногенно порушені ландшафти Криворіжжя, виділяється *Betula pendula* Roth, що оселяється та щорічно утворює самосів навіть на тих територіях, де ще відсутні квіткові трав'яні рослини (Korshikov, Krasnoshtan, 2012). Тому з позицій експериментальної і промислової ботаніки вид *B. pendula* потребує досконалого вивчення для встановлення преадаптаційних механізмів життєздатності за вкрай екстремальних умов.

Проникнення *B. pendula* на залізорудні відвали почалось близько 30–40 років тому внаслідок широкого використання його в озелененні населених міст Кривбасу. Протягом останніх 20–30 років відбувається процес поселення, закріплення та розселення *B. pendula* на різних промислових відвалах Донбасу і Придніпров'я шляхом заносу плодів виду з насаджень, які знаходяться поблизу цих новостворених ландшафтів (Korshikov et al., 2012). В

інших промислових регіонах у межах природного та інтродукційного ареалу *V. pendula* є активним піонером на техногенно порушених територіях і характеризується швидкими темпами розвитку (Muzafarova, 2006; Vaht, 2010), що проявляється у відносно ранньому початку плодоношення при невеликій масі дерева (Evstigneev, Korotkov, 1992; Konysbaeva, Ormanbekova, 2013). Плоди цього виду, що мають хороші аеродинамічні властивості, за допомогою вітру поширюються на великі відстані по периметру території та потрапляють у субстрат. Насіння проростає, утворюючи щільний самосів на різних частинах відвалів (Kalashnikova, Migalina, 2012).

Деревні види, які здатні на промислових відвалах не лише рости на місці культивування, але й завдяки відсутності конкуренції та своїм біологічним особливостям стихійно розповсюджуватися й захоплювати нові ділянки, є більш корисними з практичної точки зору. Вони дуже важливі з позиції популяційної біології, адже за рахунок активного самовідновлення в екстремальних умовах докорінно техногенно змінених екоотопів можуть формувати стійкі популяційні структури. Цими характеристиками відзначається й *V. pendula*, яка на залізрудних відвалах Криворіжжя є важливим елементом флори.

Для розуміння закономірностей формування та адаптації популяцій *V. pendula* в екстремальних умовах промислових відвалів першорядним є їхнє вивчення як базової елементарної одиниці в біологічній ієрархії (Zlobin, 2009). Дослідження популяційної структури дозволяє здійснити прогноз довготривалості існування та розвитку популяцій *V. pendula* за екстремальних умов відвалів, на які додатково накладаються несприятливі природно-кліматичні умови степового промислового регіону. Проведення таких досліджень необхідне для розкриття сутності популяційних процесів (Zlobin, 1989), що відбуваються на техногенно порушених територіях.

При дослідженні структури таких популяцій, які зазвичай ізольовані та малі за розмірами, важливим показником є віковий спектр, що засвідчує їхню здатність до компенсації втрат у часі й просторі, які зумовлені несприятливими змінами або екстремальним впливом гетерогенного та нестабільного еколого-едафічного середовища відвалів. Не менш важливим у розвитку популяції за

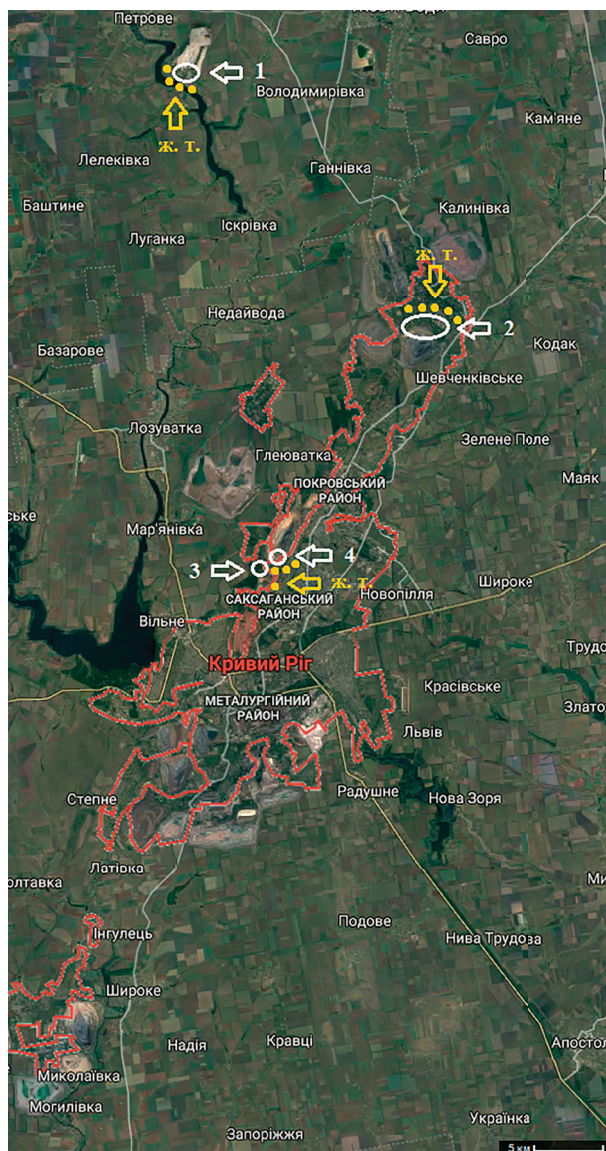


Рис. 1. Місця розташування досліджених залізрудних відвалів Криворіжжя: 1 – Петрівський відвал ЦГЗК; 2 – автомобільний відвал Першотравневого кар'єру ПівнГЗК; 3 – відвал № 7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК; 4 – відвал Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК; ж. т. – житлова територія (Google Maps, 2019)

Fig. 1. Locations of the iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area: 1 – Petrivskiyi dump, CMPC; 2 – Avtomobilnyi dump of Pershotravnevnyi quarry, NorthMPC; 3 – No.7 of Hleyuvatskyi quarry, CMPC; 4 – Petrivskiyi-2 dump of Hleyuvatskyi quarry, CMPC; ж. т. – residential area (Google Maps, 2019)

таких умов є наявність поліваріантності онтогенезу особин, які забезпечують стійкість популяцій рослин.

Метою роботи був аналіз популяційної структури *V. pendula* на залізрудних відвалах Криворіжжя.



Таблиця 1. Характеристика популяційних локусів *Betula pendula* на залізрудних відвалах Криворіжжя  
 Table 1. Characteristics of population loci of *Betula pendula* on iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area

Відвал	Популяційні локуси	Площа території, га	Кількість різновікових особин	Місце зростання	Характеристика субстрату
Петрівський (ЦГЗК)	П1	0,14	97	плато 2 берми, північно-східна частина відвалу	крупноуламкові кварцити та пісковики
	П2	0,50	290	плато 3 берми, північна частина відвалу	сланці та пісковики
Автомобільний відвал Першотравневого кар'єру (ПівнГЗК)	П3	0,94	222	плато 2 берми, південно-східна частина відвалу	суміш сланців, дрібноуламкових кварцитів з елементами суглинних ґрунтів
	П4	0,65	115	плато 3 берми, вершина відвалу	суміш сланців, дрібноуламкових кварцитів з елементами суглинних ґрунтів
	П5	0,35	158	схил 3 берми, північно-західна частина відвалу	суміш сланців з дрібно- та середньоуламковими кварцитами
№7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П6	0,08	415	плато 1 берми, північна частина відвалу	суміш сланців з середньо- та крупноуламковими кварцитами
	П7	0,48	1507	плато 1 берми, західна частина відвалу	суміш сланців з середньо- та крупноуламковими кварцитами
	П8	0,20	549	схил 1 берми, східна частина відвалу	суміш сланців з середньо- та крупноуламковими кварцитами
Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П9	0,39	769	плато 1 берми, південна частина відвалу	суміш сланців з дрібно- та середньоуламковими кварцитами
	П10	2,73	322	плато 2 берми, північно-східна частина відвалу	суміш сланців з дрібно- та середньоуламковими кварцитами
	П11	0,39	91	плато 2 берми, північно-західна частина відвалу	суміш сланців з дрібноуламковими кварцитами

## Матеріали та методи

Дослідження проводили в червні–липні 2016–2017 рр. на чотирьох великих (до 800 га) відвалах Криворізького залізрудного басейну – Північного та Центрального гірничо-збагачувальних комбінатів (ПівнГЗК та ЦГЗК відповідно), де ніколи не здійснювалися посадки *B. pendula* (рис. 1).

Загалом було обстежено 11 популяційних локусів *B. pendula* на Петрівському відвалі, автомобільному відвалі Першотравневого кар'єру, відвалі № 7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК та на відвалі Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК (табл. 1). Ці локуси, або дискретні групи (Zhylyayev, 2010), є елементом загального популяційного поля *B. pendula*.

На досліджених відвалах ПівнГЗК, ЦГЗК субстрат складається в основному з кам'янистих порід різної щільності, серед яких переважають залісті кварцити, меншою мірою – сланці (рис. 2), на Петрівському зустрічаються й граніти та пісковики (Safonova, Reva, 2009). *Betula pendula* заселяє навіть схили і берми, де поверхневий шар породи пройшов перші стадії фізико-хімічного вивітрювання. Термін

з моменту припинення відсіпки цих відвалів складає приблизно від 30 до 60 років (Holovenko, 2016).

Життєві форми описували за класифікацією Чистякової (Chistyakova, 1988). У кожному локусі встановлювали кількість особин, площу зайнятої території та щільність різновікового самосіву, яку визначали шляхом відношення кількості особин до одиниці площі (Zlobin, 2009). Життєвий стан (ЖС) дерев оцінювали за 5-бальною шкалою Алексеєва (Alekseev, 1990). Морфометричні параметри дерев визначали за стандартними методами. Діаметр стовбура та висоту дерев вимірювали за допомогою мірної вилки (з точністю до 0,5 см та  $\pm 5\text{--}8\%$  відповідно). Площу проекції та об'єм крони встановлювали за математичними формулами, які описують їхню форму (Andreeva et al., 2002; Verkhunov, Chernykh, 2009). У найбільших за розмірами дерев підраховували кількість скелетних гілок з однієї сторони та по всій кроні.

Виділення вікових груп рослин проводили за класифікацією Работнова (Rabotnov, 1988) з доповненнями Уранова (Uranov, 1975), які були виражені в онтогенетичних спектрах (Zaugolnova, Smirnova, 1978). За методом Уранова (Uranov,



Рис. 2. Супутниковий знімок відвалу Петрівський-2 Глеуватського кар'єру ЦГЗК (Google Maps, 2019)

Fig. 2. Satellite image of the Petrivskiy-2 mine dump of the Hlyuvatskiy quarry, CMPC (Google Maps, 2019)

1975) розраховували індекс віковості ( $\Delta$ ), індекс ефективності ( $\omega$ ) встановлювали за формулою Животовського:

$$\omega = \frac{\sum n_i e_i}{\sum n_i},$$

де  $n_i$  – абсолютна кількість рослин  $i$ -того вікового стану,  $e_i$  – табличне значення ефективності рослин  $i$ -того вікового стану, розраховане Животовським. Тип нормальних популяційних локусів *B. pendula* визначали на основі значень індексу віковості ( $\Delta$ ) та індексу ефективності ( $\omega$ ) за класифікацією "дельта-омега" ( $\Delta/\omega$ ) (Zhivotovskiy, 2001).

Для оцінки динаміки самопідтримання в популяційних локусах використовували індекс відновлення Жукової (співвідношення кількості прегенеративних рослин до кількості генеративних особин ( $J_b$ )):

$$J_b = \frac{j + im + v}{g_1 + g_2 + g_3},$$

де  $j$ ,  $im$ ,  $v$ ,  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$  – вікові стани (Zhukova, 1995).

Дослідження віталітетної структури проводили згідно до методики Злобіна (Zlobin, 1989), використовуючи розмірні характеристики дерев *B. pendula* генеративного віку за двома параметрами: висота дерева та діаметр стовбура на рівні 1,3 м. Спочатку значення ознак ранжували. Межі низького (с), середнього (b) і високого (a) класів віталітету знаходили за загальним середнім

для сукупної вибірки та за допомогою довірчих інтервалів, встановлених за формулою:

$$x_{cp} \pm t_{0,05} S x_{cp},$$

де  $x_{cp}$  – середнє арифметичне,  $t_{0,05}$  – значення критерію Стьюдента,  $S x_{cp}$  – помилка середнього арифметичного.

До високого класу (a) відносили особини зі значенням ознаки більш  $x_{cp} + t_{0,05} S x_{cp}$ ; середньому (b) класу відповідав вираз  $x_{cp} \pm t_{0,05} S x_{cp}$ ; низькому –  $x_{cp} - t_{0,05} S x_{cp}$ . У складі кожного популяційного локусу встановлювали частку рослин *B. pendula* різних класів віталітету та оцінювали величину індексу якості (Q) за формулою:

$$Q = \frac{1}{2} (a+b),$$

де a – частка особин класу "a" віталітету, b – частка особин класу "b" віталітету.

Для встановлення ступеня процвітання або депресивності популяційних локусів використовували формулу  $Iq = (a+b)/2c$ . Популяційні локуси, в яких переважали особини вищого класу ( $Q = \frac{1}{2}(a+b) > c$ ) відносили до процвітаючих, при однаковому траплянні особин усіх класів ( $Q = 1/2(a+b) = c$ ) – до рівноважних, а ті, в яких було більше рослин третього (c) класу віталітету ( $Q = 1/2(a+b) < c$ ) – до депресивних (Zlobin, 1989).

Індекс віталітету (IVC) розраховували методом зважування середніх значень декількох ознак:

$$IVC = \frac{\sum_{i=1}^N N \frac{X_i}{\bar{X}_i}}{N},$$

де  $X_i$  – середнє значення  $i$ -ї ознаки в популяційному локусі,  $\bar{X}_i$  – середнє значення  $i$ -ї ознаки для всіх популяційних локусів, N – число ознак (Ishbirdin, Ishmuratova, 2004).

Результати підраховували в програмі MS Excel 2007 за допомогою математичних методів (Zaytsev, 1984).

## Результати та обговорення

На чотирьох досліджених залізородних відвалах Криворіжжя виявлено 11 локусів, або скупчень, від десятків до сотень різновікових рослин (рис. 3). Завдяки високій насіннєвій продуктивності й невеликій масі плоди *B. pendula* заносяться на відвали із насаджень житлових територій, що знаходяться



Рис. 3. Розселення *Betula pendula* на Петрівському відвалі  
 Fig. 3. Resettlement of *Betula pendula* on the Petrivskyi mine dump

поблизу цих новостворених ландшафтів (Korshikov, Krasnoshtan, 2012).

Площа популяційних локусів *B. pendula* на різних відвалах складала від 0,08 до 2,73 га, чисельність становила від 91 до 1507 особин, а щільність у межах локусів – від 1,2 до 51,9 особин на 100 м<sup>2</sup>. Рослини *B. pendula* розселилися на різних частинах відвалів: на схилах, більш-менш вирівняних поверхнях, щілинах між великим камінням, в ямах тощо. Зростають рослини на вкрай неоднорідних за фізико-хімічним та механічним складом породах.

Кількість рослин, які досягли генеративного стану, на кожному із чотирьох відвалів варіювала від 36 (П8) до 166 шт. (П9). Найвищий відсоток дорослих особин *B. pendula* відмічено на відвалі Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК – 40,1%, на інших відвалах їхня частка була вдвічі меншою: на Петрівському – 20,5%, на автомобільному відвалі Першотравневого кар'єру – 20,1% та 19,3% – на відвалі № 7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК.

Окремі материнські особини *B. pendula* переважали у рості та розвитку над іншими рослинами та мали високі показники морфометричних параметрів. Так, наприклад, на Петрівському відвалі виявлено чотири таких дерева, діаметр стовбура біля кореневої шийки яких змінювався від 32,5 до 41,0 см, а на рівні 1,3 м – 21–25 см (табл. 2). Висота рослин сягала від 14,5 м (у дерева № 1) та майже до 17 м (у дерева № 4). Високими були значення показників крони: площа проекції – 56,7–122,7 м<sup>2</sup>, а об'єм – 411,2–1011,9 м<sup>3</sup>.

На Чернігівському Поліссі середні показники висоти 45-річних дерев *B. pendula* досягають 18,5 м, діаметра стовбура – 22,6 см (Tyschenko, 2018). В осиково-березових колках свіжуватого типу аренних лісів долини р. Самара дерева *B. pendula* висотою 15 м мають діаметр стовбура 24 см, а у колках вологого типу 25 м та 45 см відповідно (Loza, Bryhadynko, 2005). Слід відмітити, що показники морфометричних параметрів дерев *B. pendula*, які зростають на техногенно порушених ландшафтах Криворіжжя та у лісових умовах, мають близькі значення. Це свідчить

Таблиця 2. Морфометричні параметри найбільших за розміром дерев *Betula pendula* на залізорудних відвалах Криворіжжя (Петрівський відвал)

Table 2. Morphometric parameters of the largest trees of *Betula pendula* on iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area (Petrivskiyi dump)

Дерева	D <sub>0</sub> , см*	D <sub>1</sub> , см	h <sub>д</sub> , м	S <sub>кр</sub> , м <sup>2</sup>	V <sub>кр</sub> , м <sup>3</sup>	Кількість скелетних гілок у кроні	
						з однієї сторони	усіх гілок
№ 1	32,5	21,3	14,5	56,7	411,2	29	64
№ 2	34	25	16	63,6	508,7	30	74
№ 3	40	21	15	103,8	778,6	31	69
№ 4	41	24	16,5	122,7	1011,9	35	87

\*тут і в табл. 3 використані наступні позначення: D<sub>0</sub> – діаметр стовбура на рівні кореневої шийки, D<sub>1</sub> – діаметр стовбура на рівні 1,3 м, h<sub>д</sub> – висота дерева, S<sub>кр</sub> – площа крони, V<sub>кр</sub> – об'єм крони.



Рис. 4. *Betula pendula* на Петрівському відвалі  
Fig. 4. *Betula pendula* on the Petrivskiyi mine dump

про те, що *B. pendula* характеризується високою пластичністю до специфічних умов зростання та не вимоглива до типу субстрату, тому на відвалах реалізує свої біологічні потенції в повній мірі.

У чотирьох досліджених дерев зафіксовано від 29 до 35 скелетних гілок з однієї сторони крони та в 2,2–2,5 рази більше усіх гілок. Скелетні гілки у цих дерев починають відростати одразу над кореневою шийкою (рис. 4), що забезпечує збільшення надземної

частини рослини та загальної площі листків. За рахунок прилягання скелетних гілок до породи, на якій зростає *B. pendula*, випаровування вологи під короною дерева відбувається менш інтенсивно, що сприяє більш тривалому її утриманню в субстраті.

У всіх 11 локусах виявлені рослини, які досягли генеративного віку. Вони відрізнялись за морфометричними показниками. Наприклад, діаметр стовбура дерев на рівні кореневої шийки варіював від 9,1 до 14,8, на рівні 1,3 м – від 3,9 до 8,7 см, а висота – від 4,5 до 8,6 м (табл. 3). Змінювалися й показники розміру крони: площа крони коливалася від 5,5 до 13,9 м<sup>2</sup>, а об'єм – від 17,4 до 56,7 м<sup>3</sup>.

У всіх 11 локусах ці рослини відзначалися високим рівнем життєвого стану, що дозволяє віднести деревні особини до категорії "здорові": на Петрівському відвалі цей показник становив 100% у двох локусах, на відвалах № 7 та Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК змінювався в межах 99,2–100%, а на автомобільному відвалі Першотравневого кар'єру – від 86,5 до 100%.

На залізорудних відвалах Криворіжжя переважають одностовбурові особини *B. pendula*, однак нерідко трапляються рослини з іншими життєвими формами. Так, за класифікацією Чистякової (Chistyakova, 1988) виявлено поростеутворюючі (8 особин), небагатостовбурові (з 2–3-ма стовбурами) (31) та багатостовбурові (27) дерева *B. pendula*. Такі морфологічні видозміни є проявом поліваріантності індивідуального розвитку (Zaugolnova et al., 1988), вони утворюються внаслідок розвитку нових структур (стовбурів, стовбурців) із сплячих, або додаткових бруньок (Lvov, 1964; Chistyakova, 1988). Різні типи поліваріантності можуть відмічатися в одного виду як за різних еколого-ценотичних умов, так і в межах однієї популяції (Voronova et al., 1976). У результаті обмеженості ресурсів середовища насіннева

Таблиця 3. Морфометричні параметри дерев *Betula pendula* генеративного віку на залізрудних відвалах Криворіжжя  
Table 3. Morphometric parameters of *Betula pendula* trees of generative age on iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area

Відвал	Популяційні локуси	Кількість особин	$D_0$ , см*	$D_1$ , см	$h_d$ , м	$S_{кр}$ , м <sup>2</sup>	$V_{кр}$ , м <sup>3</sup>
Петрівський	П1	44	12,3	8,7	7,8	9,7	37,5
	П2	130	13,6	8,0	8,6	11,4	56,7
Автомобільний відвал Першотравневого кар'єру	П3	87	11,9	6,3	6,0	6,8	20,8
	П4	45	14,8	7,8	5,3	9,1	22,8
	П5	39	10,8	6,0	6,2	8,0	21,8
№ 7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П6	57	11,6	6,5	6,4	12,5	44,3
	П7	71	12,3	6,5	6,9	10,6	39,3
	П8	36	14,3	8,1	6,2	13,9	48,9
Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П9	166	11,8	4,8	5,4	8,0	27,4
	П10	120	9,1	4,3	4,5	5,5	17,7
	П11	55	9,7	3,9	4,7	5,8	17,4

продукція рослин виступає як альтернатива їхнього вегетативного росту. Взаємозв'язок вегетативної та репродуктивної маси досить складний і пояснюється як перерозподіл ресурсів між органами та як швидкість кореляції між вегетативним ростом та репродукцією, що проявляється як в онтогенезі, так і під впливом зовнішніх умов (Zaugolnova et al., 1988). Такі особливості розвитку визначають важливу адаптивну реакцію рослин до умов техногенно порушеного середовища (Martyniuk, 2008; Kalashnikova, Migalina, 2012).

На відвалах плоди від материнських дерев *B. pendula*, що досягли репродуктивного віку, поширюються в різні сторони і потрапляють у субстрат. За сприятливих умов насіння проростає, утворюючи самосів, який, за нашими спостереженнями, трапляється переважно на північній, західній та східній частинах відвалів, але значно зменшується на південній (рис. 5).

Домінуючий напрям поширення самосіву *B. pendula* в 11 локусах має різнонаправлений характер: односторонній (№ 4, 5, 7), двосторонній (№ 1, 2, 3, 11), різносторонній (№ 6, 8, 9, 10), він залежить від ефективності розповсюдження плодів на різну відстань, рози вітрів і мозаїчності едафічних умов.

Аналіз вікової структури в 11 популяційних локусах *B. pendula* показав, що на момент досліджень у них були відсутні старогенеративні, субсенільні та сенільні особини, як і в цілому у чотирьох популяціях (табл. 4). За класифікацією Работнова (Rabotnov, 1988) популяції П1–П10 характеризуються інвазійною популяційною структурою, в яких переважають особини прегенеративного віку і лише П11 – нормальний, в якому відмічено максимальний відсоток середньогенеративних рослин. Серед особин прегенеративного періоду *B. pendula*

найбільше виявлено проростків: у 10 популяційних локусах (П1–П10) їхня частка становила 19,3–44,0%. В останньому локусі (П11) відсоток проростків був мінімальним – 4%. Слід відмітити, що в усіх популяційних локусах вочевидь переважають чотири вікові групи рослин: проростки, ювенільні, іматурні та середньогенеративні. Частка віргінільних рослин в 11 локусах варіює в межах 1,4–7,7%, а молодих генеративних дерев – 0,2–13,1%. У цілому це свідчить про нестабільний щорічний характер самовідновлення.

Високий відносний показник рослин прегенеративного періоду майже в усіх популяційних локусах вказує на те, що більшість з них, як і загальні популяції, є молодими. Це підтверджується значеннями індексів Уранова та Животовського: індекс віковості ( $\Delta$ ) варіював від 0,04 до 0,31, а індекс ефективності ( $\omega$ ) – від 0,13 до 0,67.

За класифікацією "дельта-омега" П1–П10 є молодими локусами, а П11 – зрілим. Як свідчать ці та попередні дослідження (Korshikov, Krasnoshtan, 2012), у поглибленнях із намівеним дрібноземом, де умови для проростання насіння рослин сприятливіші, *B. pendula* утворює суцільний покрив з наступним прорідженням за рахунок механізмів конкурентної просторово-розмірної диференціації.

За індексом відновлення ( $J_v$ ), запропонованим Жуковою (Zhukova, 1995), виявлено, скільки нащадків в даний момент часу доводиться на одну генеративну особину. Найвищі значення  $J_v$  були зафіксовані в популяційному локусі П7 (10,89), що є наймолодшим за показниками індексів віковості та ефективності, а найменші – в П11 (0,58), що за класифікацією "дельта-омега" згідно до Животовського є зрілим (див. табл. 4). Загалом рослини *B. pendula* в шести популяційних локусах (П5–П10) здатні до повного

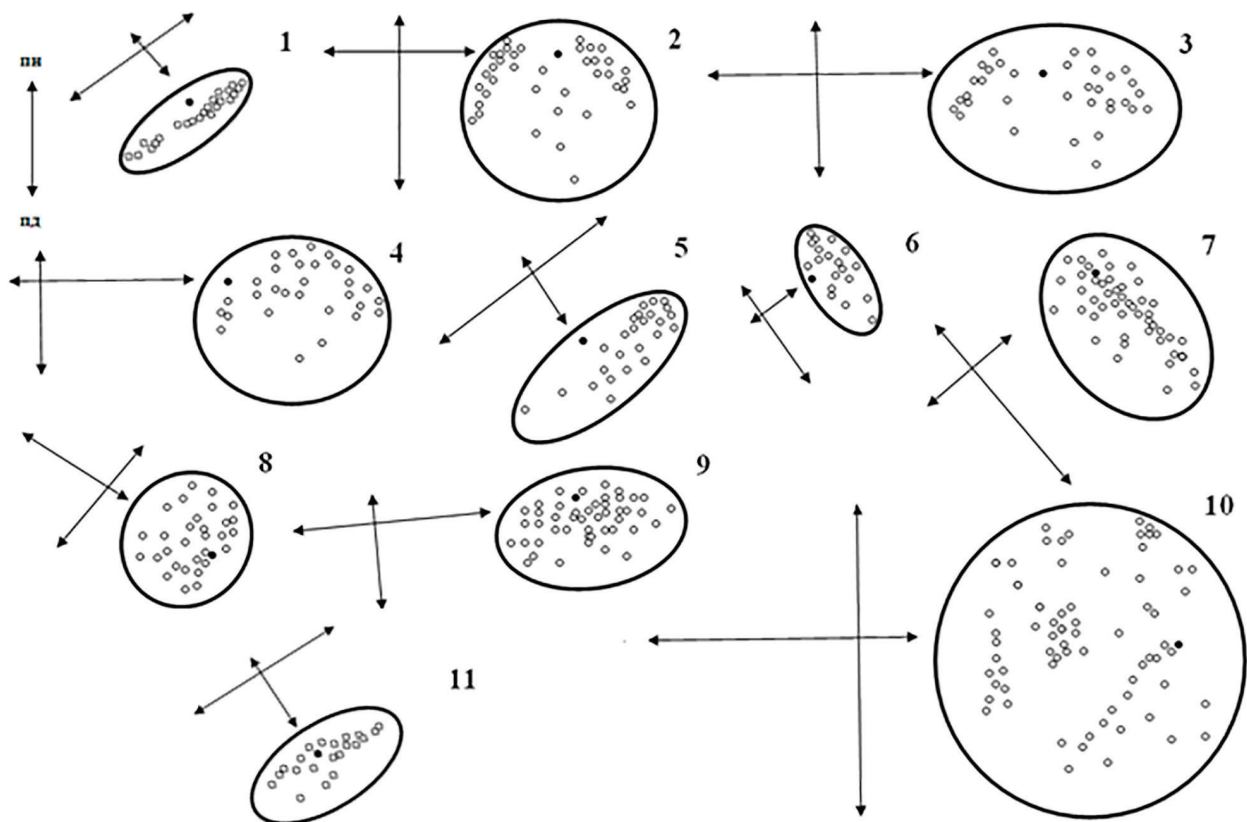


Рис. 5. Схема напрямку поширення самосіву (°) *Betula pendula* від материнських особин (•) у 11 популяційних локусах на залізорудних відвалах Криворіжжя: 1, 2 – Петрівському ЦГЗК; 3–5 – автомобільному відвалі Першотравневого кар'єру ПівнГЗК; 6–8 – відвалі № 7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК; 9–11 – на відвалі Петрівській-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК

Fig. 5. Scheme of distribution directions of self-seedlings of *Betula pendula* from maternal individuals in eleven population loci on iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area: 1, 2 – Petrivskyi dump, CMPC; 3–5 – Avtomobilnyi dump of Pershotravnevuyi quarry, NorthMPC; 6–8 – No.7 dump of Hleyuvatskyi quarry, CMPC; 9–11 – Petrivsky-2 dump of Hleyuvatskyi quarry, CMPC

Таблиця 4. Вікова структура *Betula pendula* у різних популяційних локусах на залізорудних відвалах Криворіжжя  
Table 4. Age structure of *Betula pendula* in population loci on iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area

Відвал	Популяційні локуси	Віковий спектр <i>Betula pendula</i> (у %) у популяційних локусах						$\Delta$	$\omega$	$\Delta/\omega$	$J_b$
		$pl^*$	$j$	$im$	$v$	$g_1$	$g_2$				
Петрівський	П1	23,7	22,7	5,2	3,1	4,1	41,2	0,23	0,49	молодий	0,68
	П2	19,3	17,2	15,2	3,4	13,1	31,7	0,21	0,48	молодий	0,80
Автомобільний відвал Першотравневого кар'єру	П3	26,1	25,7	5,4	3,6	1,8	37,4	0,21	0,44	молодий	0,89
	П4	27,0	20,0	10,4	3,5	4,3	34,8	0,20	0,44	молодий	0,87
	П5	27,2	20,9	22,8	4,4	3,8	20,9	0,14	0,32	молодий	1,95
№7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П6	39,7	25,8	19,3	1,4	0,5	13,3	0,09	0,21	молодий	3,39
	П7	44,0	28,6	19,0	3,7	0,2	4,5	0,04	0,13	молодий	10,89
	П8	42,6	34,6	12,4	3,8	0,6	6,0	0,05	0,14	молодий	7,75
Петрівській-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П9	28,0	17,1	27,3	6,0	0,8	20,8	0,13	0,31	молодий	2,34
	П10	25,1	19,3	13,0	5,3	3,1	34,2	0,20	0,43	молодий	1,01
	П11	4,4	11,0	16,5	7,7	4,4	56,0	0,31	0,67	зрілий	0,58

\*  $pl$  – проростки,  $j$  – ювенільні,  $im$  – іматурні,  $v$  – віргінільні,  $g_1$  – молоді генеративні,  $g_2$  – середньогенеративні рослини,  $\Delta$  – індекс віковості,  $\omega$  – індекс ефективності,  $\Delta/\omega$  – тип популяційного локусу за класифікацією "дельта-омега",  $J_b$  – індекс відновлення.

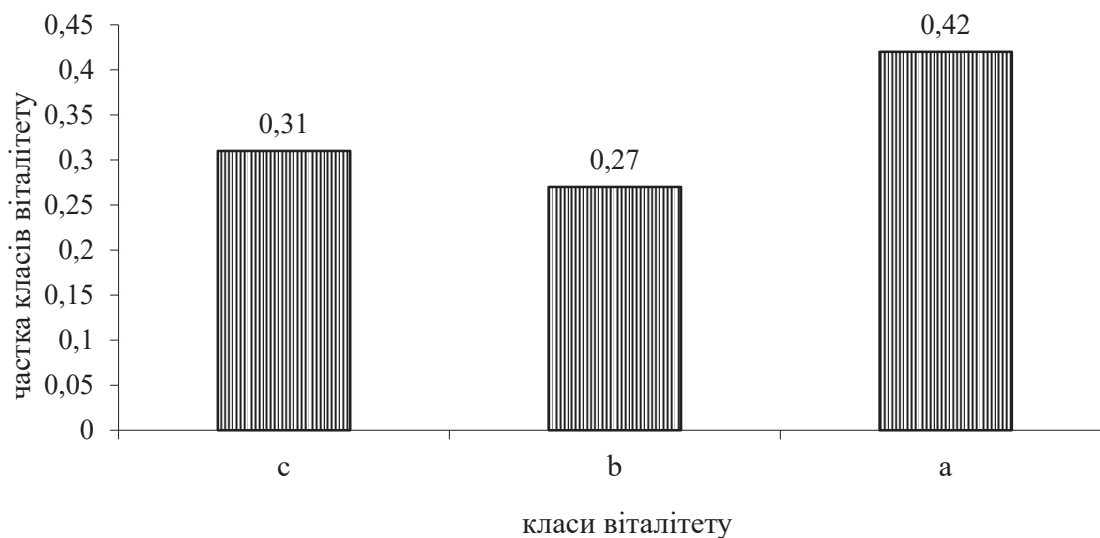


Рис. 6. Віталітетний спектр *Betula pendula* популяцій на залізрудних відвалах Криворіжжя: с – низький клас віталітету, б – середній, а – високий

Fig. 6. Vitality spectrum of *Betula pendula* populations on the iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area: c – low vitality class, b – medium, a – high

самовідновлення, в П1–П4 індекс самовідновлення становив 0,68–0,89, а в останньому (П11) – підріст спроможний відновити лише 58% генеративних особин після їхнього відмирання.

При дослідженні загального показника віталітетної структури для всіх локусів *B. pendula* встановлено, що більшість рослин на чотирьох залізрудних відвалах Криворіжжя мають високий рівень життєвості – 42%, а за індексом якості ( $Iq = 0,34$ ) виявлено, що популяції належать до процвітаючого типу (рис. 6).

Оскільки в популяційних локусах, які є функціональними елементами популяцій, наявні

специфічні мікроумови, вони не однаково оптимальні для колонізації особинами високої, середньої та низької життєвості, тому відрізняються за своїм віталітетним складом і типом (Zhilyaev, 2005).

У досліджених 11 популяційних локусах є особини всіх рівнів життєвості (табл. 5). Групи рослин, що досягли репродуктивного віку й характеризуються високим рівнем життєвості на залізрудних відвалах, слід розглядати за Г.Г. Жилиєвим (Zhylyayev, 2010) "консервативними центрами стабільності". За індексом якості ( $Q$ ) встановлено, що 72,7% популяційних локусів *B. pendula* (П1–П8) належать

Таблиця 5. Віталітетна структура *Betula pendula* у різних популяційних локусах на залізрудних відвалах Криворіжжя  
Table 5. Vitality structure of *Betula pendula* in population loci on iron ore mine dumps of the Kryvyi Rih area

Відвал	Популяційні локуси	Клас віталітету			Q	Iq	IVC	Віталітетний тип
		с	б	а				
Петрівський	П1	0,08	0,12	0,80	0,46	5,75	0,72	процвітаючий
	П2	0,25	0,22	0,53	0,38	1,50	0,70	процвітаючий
Автомобільний відвал Першотравневого кар'єру	П3	0,32	0,26	0,41	0,34	1,05	0,53	процвітаючий
	П4	0,29	0,40	0,31	0,36	1,23	0,56	процвітаючий
	П5	0,28	0,49	0,23	0,36	1,27	0,53	процвітаючий
№7 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П6	0,28	0,30	0,42	0,36	1,28	0,56	процвітаючий
	П7	0,30	0,25	0,45	0,35	1,19	0,58	процвітаючий
	П8	0,31	0,14	0,22	0,35	1,14	0,61	процвітаючий
Петрівський-2 Глеюватського кар'єру ЦГЗК	П9	0,48	0,36	0,16	0,26	0,54	0,42	депресивний
	П10	0,67	0,13	0,20	0,17	0,25	0,38	депресивний
	П11	0,64	0,24	0,13	0,18	0,29	0,37	депресивний

\* с – низький клас віталітету, б – середній, а – високий; Q – показник якості, Iq – ступінь процвітання, IVC – індекс віталітету

до процвітаючого типу та характеризуються найвищою життєвістю, а три (П9–П11) – депресивні. Найвищий ступінь процвітання при цьому був відмічений у П1, що знаходиться на Петрівському відвалі –  $I_q = 5,75$ , а найнижчий – у П10 на відвалі Петрівський-2 Глеуватського кар'єру ЦГЗК –  $I_q = 0,25$ , в якому рослини є найпригніченишими серед усіх популяційних локусів. Це, на нашу думку, може бути пов'язано з відмінностями в породному складі відвалів (див. табл. 1).

Індекс віталітету (IVC), який характеризує умови зростання, в усіх локусах був менше одиниці – від 0,72 (П1) до 0,37 (П11). Цей розрахунковий показник підтверджується біометричними даними рослин, які наведені у табл. 2. Отримані дані вказують на те, що життєвість особин залежить від умов існування та фізико-хімічних властивостей субстрату. Проте, незважаючи на неоднорідні й стохастичні еколого-едафічні умови на залізородних відвалах Криворіжжя, в усіх 11 популяційних локусах відбувається самовідновлення і самопідтримання *B. pendula*, що свідчить про високу стійкість первинних популяцій цього виду за екстремальних умов.

Різновікові особини *B. pendula* в специфічних умовах залізородних відвалів Криворіжжя характеризуються високим життєвим станом, вони навіть утворюють щільні зарості за сприятливих умов локальних понижень з намівним дрібноземом, і взагалі формують упродовж 20–25 років на великих відвалах невеликі ізольовані популяції (Korshikov, Krasnoshtan, 2012). Різка строкатість екологічних умов техногенних екотопів відвалів дозволяє максимально реалізувати сукупність біологічних потенцій виду, які генетично закріплені в його індивідах. При тому, що на поверхні відвалів субстрати дуже гетерогенні за фізико-хімічним та мінеральним складом, відзначаються неоднаковою водоутримуючою здатністю, суттєво перегріваються влітку та перемерзають взимку.

Я.П. Дідух (Didukh, 1998) класифікував види рослин до родючості ґрунтів, відділивши екоморфи за їхнім відношенням до сумарного вмісту гумусу (Gm) у ґрунті. В "Екофлорі України" (Didukh et al., 2004) *B. pendula* відносять до "субагумілів" – види, що ростуть на мінеральних погано розвинутих ґрунтах з низьким вмістом гумусу (до 150 т/га в метровому шарі). У випадку зростання *B. pendula* на породі залізородних відвалів, яка виїнята з горизонтів 100 і більше метрів, такого вмісту гумусу не може бути взагалі, фактично цей вид можна віднести до агумілів.

Тобто, на відвалах *B. pendula* проявляє значно ширшу екологічну амплітуду до нестачі гумусу в ґрунті, ніж у природних оселищах і, таким чином, реалізує свої преадаптаційні можливості. З іншого боку, *B. pendula* можна віднести до пейноморфних видів, здатних успішно переносити відсутність органіки в ґрунті, низький вміст мінеральних елементів і при цьому проявляти високу посухо- та жаростійкість.

Колонізація *B. pendula* ділянок відвалу з голою породою, де взагалі немає рослинності, сформованої покритонасінними рослинами, свідчить про те, що цей вид має еволюційно вироблені механізми стійкості до екстремальних еколого-едафічних факторів. Фактично, умови існування на відвалі не є критичними для цього виду, а тому його популяція може існувати протягом тривалого часу зі зміною кількох поколінь. Процеси самовідновлення й самопідтримання популяції *B. pendula* забезпечуються здатністю генеративних рослин утворювати життєздатне насіння з досить високою його врожайністю. Природними факторами, що сприяють формуванню популяції *B. pendula* на залізородних відвалах, є ущільнення, збільшення оселищ та відсутність їхнього руйнування через вплив тварин (наприклад, випас худоби), а також відсутність конкуренції в місцях розповсюдження. Заселення *B. pendula* відбувається досить рідко на ділянки, де утворюється стійкий рослинний покрив, зокрема за участю *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, що утворює значний шар мортмаси. В цілому насіння розповсюджується на 500–1000 м від материнських дерев з чисельністю самосіву практично на одному рівні за рахунок високих анемохорних властивостей насіння.

Загалом, *B. pendula* є найуспішнішим деревним видом у техногенному середовищі в Центральній Європі незалежно від наявності або відсутності ґрунтового шару (Prach, Pyšek, 1994). *Betula pendula* успішно зростає на сланцевих відвалах в Естонії, де він відновлюється природним шляхом і є найбільш поширеним з деревних видів. При цьому, під стовбурами 20-річних дерев виникає гумусовий шар з листової підстилки до 2 см (Vaht et al., 2010). До несприятливих умов при наявності високого вмісту важких металів *B. pendula* може адаптуватись на організменному рівні завдяки перебудові в анатомічній структурі пагонів (Andráš et al., 2007). Цей вид успішно використовують у Європі для рекультиватії техногенно порушених земель (Prach, Pyšek, 1994).



Розробка способів посіву насіння *B. pendula* на залізорудних відвалах – можливий шлях для використання цього виду в біологічній рекультивациі без будь-якої попередньої технічної трансформації їхньої поверхні та покриття ґрунтом. Навіть спонтанно занесений на відвали насіннєвий матеріал з прилеглих територій, який є, зазвичай, генетично гетерогенним, дає початок розвитку рослин, що відіграють важливу роль у відновленні техногенно порушених ландшафтів.

## Висновки

*Betula pendula* належить до піонерних видів рослин, що в умовах Кривбасу (центральна частина України) одним із найперших заселяє залізорудні відвали. На чотирьох досліджених залізорудних відвалах Криворіжжя вид формує первинні популяції, які самовідновлюються та самопідтримуються природним шляхом. Відмічені серед багатьох одноствобурових особин рослини з видозміненою життєвою формою (поростеутворюючі, небагатостовбурові та багатостовбурові) є проявом поліваріантності онтогенезу й відіграють роль у забезпеченні стійкості популяції. У популяційних локусах *B. pendula* переважають особини прегенеративного віку та відсутні старогенеративні, субсенільні та сенільні особини, тому популяції є молодими. Як у чотирьох популяціях в цілому, так і в популяційних локусах не відбуваються будь-які незворотні зміни, оскільки центр самовідновлення – це генеративно розвинені дерева, які знаходяться в доброму життєвому стані. Внутрішньовидова конкуренція спостерігається на вкрай обмежених за площею ділянках у найсприятливіших умовах для проростання насіння. Загалом, *B. pendula* має високий рівень життєвості, адже більшість популяційних локусів належить до процвітаючого типу. Активний ріст і розвиток виду *B. pendula*, а також щорічна поява самосіву на голих породних субстратах забезпечують швидке заростання відвалу, тому цей вид є перспективним для рекультивациі техногенно порушених ландшафтів.

Отримані нами дані є науково цінними, оскільки визначення популяційної структури *B. pendula* на залізорудних відвалах Криворіжжя є першим кроком до розкриття сутності популяційних процесів виду за специфічних умов зростання. Однак для прогнозу тривалості існування *B. pendula* у просторі та часі доцільні подальші дослідження.

Український ботанічний журнал, 2020, 77(2)

## Список посилань

- Alekseev V.A. 1989. *Lesovedenie*, 4: 5–57. [Алексеев В.А. 1989. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. *Лесоведение*, 4: 5–57].
- Andráš P., Mamoňová M., Ladomerský J., Turisová I., Lichý A., Rusková J. 2007. Influence of the dump sites on development of selected plant tissues at the Lubiťová area (Slovakia). *Acta Facultatis Ecologiae (Zvolen, Slovakia)*, 16, Supplement 1: 147–158. [https://fee.tuzvo.sk/sites/default/files/andras\\_et\\_al\\_afe\\_vol16sup1.pdf](https://fee.tuzvo.sk/sites/default/files/andras_et_al_afe_vol16sup1.pdf)
- Andreeva E.N., Bakkal I.Yu., Gorshkov V.V., Lyanguzova I.V., Maznaya E.A., Neshataev V.Yu., Neshataeva V.Yu., Stavrova N.I., Yarmishko V.T., Yarmishko M.A. 2002. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv*. St. Petersburg: NII Khimii SPbGU, 240 pp. [Андреева Е.Н., Баккал И.Ю., Горшков В.В., Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю., Ставрова Н.И., Ярмишко В.Т., Ярмишко М.А. 2002. *Методы изучения лесных сообществ*. Санкт-Петербург: НИИ Химии СПбГУ, 240 с.].
- Babets Ye.K. 2011. *Razrabotka rudnykh mestorozhdeniy*, 94: 3–8. [Бабець Є.К. 2011. Концепція розробки державної програми комплексного вирішення проблем Кривбасу. *Розробка рудних местороджень*, 94: 3–8].
- Bekarevich M.E., Masyuk M.T., Chaban I.P., Zabaluev V.A., Mytsyk A.A. 2003. In: *Biologicheskaya rekultivatsiya narushennykh zemel. Materialy Mezhdunarodnogo soveshchaniya*. Ekaterinburg, pp. 16–22. [Бекаревич М.Е., Масюк М.Т., Чабан І.П., Забалуев В.А., Мыцык А.А. 2003. Экологически устойчивые модели рекультивированных земель для степной зоны Украины. В сб.: *Биологическая рекультивация нарушенных земель. Материалы Международного совещания (Екатеринбург, 3–7 июля 2002 г.)*. Екатеринбург, с. 16–22].
- Chistyakova A.A. 1988. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*, 93(6): 93–105. [Чистякова А.А. 1988. Жизненные формы и их спектры как показатели состояния вида в ценозе (на примере широколиственных деревьев). *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*, 93(6): 93–105].
- Didukh Ya.P. 1998. *Ukrayinskyj fitocenotychnyj zhurnal. Seriya C. Fitoekologiya*, 1(10): 4–17. [Дідух Я.П. 1998. Створення багатотомного видання "Екофлори України" як основи фітоіндикації стану екосистем. *Український фітоценотичний журнал. Серія С. Фітоєкологія*, 1(10): 4–17].
- Didukh Ya.P., Burda R.I., Zyman S.M., Korotchenko I.A., Fedoronchuk M.M., Fitsailo T.V. 2004. *Ekoflora Ukrainy*, vol. 2. Kyiv: Phytosociocenter, 480 pp. [Дідух Я.П., Бурда Р.І., Зман С.М., Коротченко І.А., Федорончук М.М., Фіцайло Т.В. 2004. *Екофлора України*, т. 2. Київ: Фітосоціоцентр, 480 с.].
- Dobrovolskyi I.A., Shanda V.I., Hayeva N.V. 1979. *Ukrainian Botanical Journal*, 36(6): 524–527. [Добровольський І.А., Шанда В.І., Гасва Н.В. 1979. Характер і напрямки сингенезису в техногенних

- екопопах Кривбасу. *Український ботанічний журнал*, 36(6): 524–527].
- Evstigneev O.I., Korotkov V.N. 1992. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*, 97(6): 88–96. [Евстигнєєв О.И., Коротков В.Н. 1992. Популяционная экология пионерных видов широколиственного леса. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*, 97(6): 88–96].
- Google Maps. 2019. Available at: <https://www.google.com/maps/> (Accessed 22 October 2019).
- Holovenko Ye.O. 2016. *Chornomorskyi Botanical Journal*, 12(1): 78–84. [Головенко Є.О. 2016. Ліхенофлора залізородних відвалів м. Кривий Ріг. *Чорноморський ботанічний журнал*, 12(1): 78–84]. <https://doi.org/10.14255/2308-9628/16.121/8>
- Ishbirdin A.R., Ishmuratova M.M. 2004. In: *Metody populyatsionnoy biologii: materialy VII Vseross. populyatsionnoho seminara*, part 2. Syktyvkar, pp. 113–120. [Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М. 2004. Адаптивный морфогенез и эколого-ценотические стратегии выживания травянистых растений. В сб.: *Методы популяционной биологии: материалы VII Всерос. популяционного семинара (Сыктывкар, 16–21 февраля 2004 г.)*, ч. 2. Сыктывкар, с. 113–120].
- Kalashnikova I.V., Migalina S.V. 2012. *Orenburg State Agrarian University*, 5(37): 240–243. [Калашникова И.В., Мигалина С.В. 2012. Естественное возобновление берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) и берёзы пушистой (*B. pubescens* Ehrh.) на техногенных ландшафтах. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5(37): 240–243].
- Konysbaeva D.T., Ormanbekova D.O. 2013. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima goroda Semey*, 4(64): 45–49. [Коньсбаева Д.Т., Орманбекова Д.О. 2013. Биологические особенности и адаптивные свойства берёзы бородавчатой (*Betula pendula*) в качестве фитомелиоранта на железорудных отвалах. *Вестник Государственного университета имени Шакарима города Семей (Семей қаласының Шәкәрім атындағы МҮ Хабаршысы)*, 4(64): 45–49].
- Korshikov I.I., Krasnoshtan O.V. 2012. *Zhiznesposobnost drevesnykh rasteniy na zhelezorudnykh otvalakh Krivorozhya*. Donetsk: Tsyfrova tyhografiya, 278 pp. [Коршиков И.И., Красноштан О.В. 2012. *Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья*. Донецк: Цифрова типографія, 278 с.].
- Korshikov I.I., Krasnoshtan O.V., Pasternak H.A. 2012. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 1: 167–171. [Коршиков И.И., Красноштан О.В., Пастернак Г.А. 2012. Видовое разнообразие древесных растений на промышленных отвалах степной зоны. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, 1: 167–171].
- Loza I.M., Bryhadynenko V.V. 2005. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya biolohiya*, 1(6): 125–130. [Лоза І.М., Бригадиренко В.В. 2005. Еколого-біологічна характеристика герпетобію та рослинного покриву осиково-березових колків. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*, 1(6): 125–130].
- Lvov P.N. 1964. *Lesnoy zhurnal*, 4: 170–171. [Львов П.Н. 1964. О многостольности берёзы. *Лесной журнал*, 4: 170–171].
- Martyniuk A.A. 2008. *Lesovedenie*, 1: 39–45. [Мартьнюк А.А. 2008. Особенности формирования надземной фитомассы сосновых молодняков в условиях техногенного загрязнения. *Лесоведение*, 1: 39–45].
- Muzafarova A.A. 2006. *Ekologo-geneticheskiy analiz protsessov lesovozobnovleniya na otvalakh gornodobyvayushchikh predpriyatii tsvetnoy metallurgii: Cand. Sci. Diss. Abstract*. Ufa, Institut biologii Ufmskogo nauchnogo tsentra RAN, 18 pp. [Музафарова А.А. 2012. Эколого-генетический анализ процессов лесовозобновления на отвалах горнодобывающих предприятий цветной металлургии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.16 "Экология". Уфа, Институт биологии Уфимского научного центра РАН, 18 с.].
- Pavlenko A.O., Krasova O.O., Korshykov I.I. 2017. *Ukrainian Botanical Journal*, 74(4): 360–372. [Павленко А.О., Красова О.О., Коршиков И.И. 2017. Сингенетичні процеси на залізородних відвалах північної частини Криворіжжя. *Український ботанічний журнал*, 74(4): 360–372].
- Prach K., Pysek P. 1994. Spontaneous Establishment of Woody Plants in Central European Derelict Sites and their Potential for Reclamation. *Restoration Ecology*, 2(3): 190–197.
- Rabotnov T.A. 1988. *Ekologiya*, 2: 5–13. [Работнов Т.А. 1988. Структура и методика изучения ценотических популяций многолетних травянистых растений. *Экология*, 2: 5–13].
- Reva S.V., Shanda V.I., Komisar I.O. 1993. *Ukrainian Botanical Journal*, 50(3): 58–65. [Рева С.В., Шанда В.И., Комисар И.О. 1993. Заселения вищими рослинами відвалів Криворізького басейну. *Український ботанічний журнал*, 50(3): 58–65].
- Safonova H.S., Reva S.V. 2009. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 17(2): 87–94. [Сафонова Г.С., Рева С.В. 2009. Заселения вищими рослинами залізородних відвалів Кривбасу. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*, 17(2): 87–94].
- Tyschenko O.M. 2018. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(10): 49–52. [Тищенко О.М. 2018. Лісівничо-таксаційна характеристика березових деревостанів Чернігівського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(10): 49–52].
- Uranov A.A. 1975. *Biolohichni Nauky*, 2: 7–34. [Уранов А.А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов. *Биологические науки*, 2: 7–34].
- Vaht R., Pensa M., Sepp M., Luud A., Karu H., Elvisto T. 2010. Assessment of vegetation performance on semicoke

- dumps of Kohtla-Järve oil shale industry, Estonia. *Estonian Journal of Ecology*, 59(1): 3–18. <https://doi.org/10.3176/eo.2010.1.01>
- Verkhunov P.M., Chernykh V.L. 2009. *Taksatsiya lesa*. Yoshkar-Ola: MGTU, 397 pp. [Верхунов П.М., Чёрных В.Л. 2009. *Таксация леса*. Йошкар-Ола: МГТУ, 397 с.]
- Voronova L.I., Gatsuk L.E., Egorova V.N., Ermakova I.M., Zhukova L.A., Zaugol'nova L.B., Kupchenko E.I., Matveev A.R., Mihajlova T.D., Prosvirmina E.A., Smirnova O.V., Toropova N.A., Malikov L.D., Shorina N.I. 1976. *Cenopopulyacii rasteniy: (Osnovnye ponyatiya i struktura)*. Moscow: Nauka, 217 pp. [Воронова Л.И., Гатсук Л.Е., Егорова В.Н., Ермакова И.М., Жукова Л.А., Заугольнова Л.Б., Купченко Е.И., Матвеев А.Р., Михайлова Т.Д., Просвирнина Е.А., Смирнова О.В., Торопова Н.А., Маликов Л.Д., Шорина Н.И. 1976. *Ценопопуляции растений: (Основные понятия и структура)*. Москва: Наука, 217 с.]
- Zaugolnova L.B., Smirnova O.V. 1978. *Zhurnal obshchey biologii*, 39(6): 849–858. [Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. 1978. Возрастная структура ценопопуляции многолетних растений и её динамика. *Журнал общей биологии*, 39(6): 849–858].
- Zaugolnova L.B., Zhukova L.A., Shorina N.I. 1988. In: *Populyatsionnye problemy v biogeotsenologii: stati*. Moscow, pp. 24–59. [Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Шорина Н.И. Особенности популяционной жизни растений. В сб.: *Популяционные проблемы в биогеоценологии: статьи*. Москва, с. 24–59].
- Zaytsev G.N. 1984. *Matematicheskaya statistika v eksperimentalnoy botanike*. Moscow: Nauka, 424 pp. [Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва: Наука, 424 с.]
- Zhilyaev G.G. 2005. *Zhiznesposobnost populyatsiy rasteniy*. Lvov, 304 pp. [Жиляев Г.Г. 2005. *Жизнеспособность популяций растений*. Львов, 304 с.]
- Zhivotovskiy L.A. 2001. *Russian Journal of Ecology*, 1: 3–7. [Животовский Л.А. 2001. Онтогенетическое состояние: эффективная плотность и классификация популяций. *Экология*, 1: 3–7].
- Zhukova L.A. 1995. *Populyatsionnaya zhizn lugovykh rasteniy*. Yoshkar-Ola: Lanar, 224 pp. [Жукова Л.А. 1995. *Популяционная жизнь луговых растений*. Йошкар-Ола: Ланар, 224 с.]
- Zhylyayev N.H. 2010. *Ukrainian Botanical Journal*, 67(3): 344–354. [Жиляев Г.Г. 2010. Субпопуляционная структура як функція віталітетного складу та її роль у саморегуляції популяції *Soldanella hungarica* Simonk. (*Primulaceae*). *Український ботанічний журнал*, 67(3): 344–354].
- Zlobin Yu.A. 1989. *Printsipy i metody izucheniya tsenoticheskikh populyatsiy rasteniy*. Kazan: Kazanskiy universitet, 146 pp. [Злобин Ю.А. 1989. *Принципы и методы изучения ценотических популяций растений*. Казань: Изд-во Казанского университета, 146 с.]
- Zlobin Yu.A. 2009. *Populyatsionnaya ekolohiya rasteniy: sovremennoe sostoyanie, tochki rosta*. Sumy: Universitetskaya kniha, 263 pp. [Злобин Ю.А. 2009. *Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста*. Сумы: Университетская книга, 263 с.]
- Zverkovskiy V.M., Tupika M.P. 2003. In: *Biologicheskaya rekultivatsiya narushennykh zemel: materialy Mezhdunarodnogo soveshchaniya*. Ekaterinburg, pp. 112–124. [Зверковский В.М., Тупика М.П. 2003. Биоэкологическое обоснование лесной рекультивации нарушенных земель. В сб.: *Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы Международного совещания (Екатеринбург, 3–7 июля 2002 г.)*. Екатеринбург, с. 112–124].

Рекомендує до друку Г.В. Бойко



## *Stipa pennata* (Poaceae) на Київському плато

Вікторія В. ГРИЦЕНКО

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України  
вул. Тимірязєвська 1, Київ 01014, Україна  
[grytsenkoviktoria@gmail.com](mailto:grytsenkoviktoria@gmail.com)

Gritsenko V.V. 2020. *Stipa pennata* (Poaceae) on the Kyiv Plateau. *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 104–112.

M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine  
1 Tymiryazevska Str., Kyiv 01014, Ukraine

**Abstract.** The article presents a list of localities of *Stipa pennata* on the Kyiv Plateau, central Ukraine. A schematic map of the species distribution and sources of information are provided. During 1907–2018, *S. pennata* was recorded in the area in 22 localities. The species occurs in both primary and secondary habitats. Regressive changes in the overall distribution (dynamic chorology) of *S. pennata* on the Kyiv Plateau associated with anthropogenic factors have been revealed. To date, *S. pennata* has not survived in nine localities. The species disappeared in the areas within the city of Kyiv, in Bila Tserkva and Kaniv towns, as well as in Kaniv Nature Reserve. There are apparently four currently extinct localities of *S. pennata* reported more than 85 years ago and one locality destroyed as a result of human activities. In June 2018, a new locality of *S. pennata* was discovered in the southern part of the town of Rzhyshev, Kyiv Region, in the Berezovka tract. The vegetation cover of this site is characterized. The species is confined to the top and slopes of a high hill. The population of *S. pennata* is located in the area of several hectares and is characterized by a large number of individuals of different age groups, predominantly with mature generative individuals. Anemochoric dissemination was observed. The structural features of fruits related to this mode of dissemination / dispersal, viz. the basis and awn of the caryopsis ("grain"), are characterized and illustrated. In order to protect *S. pennata* within the Berezovka tract *in situ*, it is proposed to establish a botanical reserve of local importance.

**Keywords:** anemochoria, geographical distribution, meadow steppes, new location, population, protection, *Stipa pennata*

Submitted 29 October 2019. Published 29 April 2020

Гриценко В.В. 2020. *Stipa pennata* (Poaceae) на Київському плато. *Український ботанічний журнал*, 77(2): 104–112.

**Реферат.** У статті наведено перелік місцезнаходжень *Stipa pennata* на Київському плато, зазначені джерела інформації, надано картосхему поширення виду в регіоні. Впродовж 1907–2018 рр. *S. pennata* було відмічено в 22 місцезнаходженнях. Вид трапляється як у первинних, так і вторинних місцезростаннях. Виявлено регресивні зміни поширення *S. pennata* на Київському плато, які пов'язані з антропогенним фактором. До теперішнього часу у регіоні не збереглися дев'ять місцезнаходжень *S. pennata*. Вид зник з території міст Київ, Біла Церква, Канів та з Канівського природного заповідника. Ймовірно, зниклими є чотири місцезнаходження *S. pennata*, які наводились понад 85 років тому, та один локалітет, що був знищений внаслідок діяльності людини. Нове місцезнаходження *S. pennata* виявлено автором у червні 2018 р. у південній частині м. Ржищів Київської обл. в урочищі "Березовка". Охарактеризовано рослинний покрив цього місцезростання, відмічена приуроченість виду до вершини та схилів високого пагорба. Популяція *S. pennata* в урочищі "Березовка" займає площу декілька гектарів і характеризується значною чисельністю різновікових особин з переважанням зрілих генеративних. Описана дисемінація *S. pennata* способом анемохорії, яка спостерігалась під час досліджень. Охарактеризовано та проілюстровано структурні особливості плодів, що пов'язані зі способом дисемінації – основа та остинок зернівки. З метою збереження *S. pennata in situ* автором запропоновано взяти урочище "Березовка" під охорону та створити ботанічний заказник місцевого значення.

**Ключові слова:** анемохорія, географічне поширення, лучні степи, нове місцезнаходження, охорона, популяція, *Stipa pennata*

## Вступ

*Stipa pennata* L. (*Poaceae*) – характерний вид лучних степів Євразійської степової області, включений до Червоної книги України, природоохоронний статус – вразливий. Це один з найбільш мезофітних видів ковили України. Вид поширений у лісостеповій і степовій зонах Євразії від Забайкалля та гір Середньої Азії до північного сходу Франції та півдня Швеції, а також на Балканах і в гірських степах Закавказзя. В Україні вид зростає на Волино-Подільській височині, в лісостеповій (частіше на Лівобережжі) та степовій зонах (Tkachenko, Korotchenko, 2009).

Вид був знайдений на Київському плато, яке орографічно являє собою підняття на Правобережжі р. Дніпро у північній частині Лісостепової зони. Природні межі фізико-географічної області Київського плато на півночі співпадають з північною межею Правобережного Лісостепу. На сході область обмежена долиною Дніпра. Західна та південна межі проходять східною окраїною Українського кристалічного щита, вздовж виходів кристалічних порід, по лінії міст Фастів – Біла Церква – Рокитне – Корсунь-Шевченківський і далі по лівобережжю р. Рось до Дніпра (Рогункіна, 1968). Площа Київського плато – близько 6 тис. км<sup>2</sup>. В адміністративному відношенні Київське плато займає центральні райони Київської області та північну частину Черкаської. Воно є самостійною морфоструктурною одиницею в межах Придніпровської височини, його сучасна морфоструктурна позиція визначається розміщенням у зоні зчленування Українського кристалічного щита та Дніпровсько-Донецької западини з одного боку, та диференційованою неотектонічною активністю розломно-балкових структур у межах північно-східного схилу Придніпровської височини (Bahmet, Paliyenko, 2006) – з іншого.

На сьогоднішній день в різних регіонах України актуальними залишаються детальні дослідження географічного поширення, умов місцезростань, сучасного стану популяцій та інших аспектів стосовно видів, включених до Червоної книги України. Відомості про поширення та умови місцезростань *S. pennata* на Київському плато є фрагментарними та розрізненими, а тому потребують доповнення, систематизації та узагальнення.

## Матеріали та методи

Дослідження проведені впродовж 2002–2019 рр. на території Київського плато. Географічне поширення та умови місцезростань *S. pennata* в регіоні вивчали за результатами експедиційних досліджень, шляхом аналізу літературних джерел та критичного перегляду гербарних колекцій Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW), Київського національного університету імені Тараса Шевченка (KWU), Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України (KWHA). Етикетки гербарних зразків цитуються мовою оригіналу. Перелік місцезнаходжень *S. pennata*, які наводились автором у рукописі в додатку Б (Gritsenko, 2007), у даній статті доповнений, уточнений та проаналізований. Зниклі та ймовірно зниклі місцезнаходження виду в переліку позначені зірочкою (\*). Номери в переліку відповідають номерам на картосхемі. Для розгляду структурних особливостей плодів *S. pennata*, пов'язаних зі способами дисемінації, використано 30 сухих зернівок гербарних зразків. Деталі їхньої будови вивчали за допомогою світлового мікроскопа Stemi–2000 C. При описі плодів *S. pennata* термінологія наведена за Артюшенко та Федоровим (Artyushenko, Fedorov, 1986). Назви видів судинних рослин подано переважно за "The Plant List" (2019).

## Результати та обговорення

Нове місцезнаходження виду *Stipa pennata*, яке раніше не вказувалось в літературі та не було представлено у гербарних зборах, було виявлене автором у 2018 р. на Київському плато, у південній частині м. Ржищів Київської обл.. Зважаючи на наукову цінність кожного локалітету *S. pennata*, наводимо складений автором перелік місцезнаходжень виду на Київському плато, в т. ч. нових, та відповідні джерела інформації. Надається також картосхема географічного поширення виду в регіоні (рис. 1).

### Місцезнаходження *Stipa pennata* на Київському плато

**Київська обл.:** 1\*. Місто Київ: "...Китаєв, степного характеру склон, обращенный к югу – сейчас за Голосеевским лесом, 31.05.1907, А. Лоначевский" (KW). Білоцерківський р-н: 2\*. Місто Біла Церква,



Рис. 1. Картошка поширення *Stipa pennata* на Київському плато: за гербарними (1, 5, 6, 10, 13, 16, 18, 19, 22), літературними (3, 9, 14, 15, 17, 21), гербарними і літературними (2, 7, 8, 11, 12, 20) даними та нове місцезнаходження (4), виявлене у 2018 р.

Fig. 1. A distribution map of *Stipa pennata* in the Kyiv Plateau area, according to: herbarium data (1, 5, 6, 10, 13, 16, 18, 19, 22), literature data (3, 9, 14, 15, 17, 21), combined herbarium and literature data (2, 7, 8, 11, 12, 20); a new locality recorded in 2018 (4)

дендрологічний парк "Олександрія": "...Урочище "Палієва гора", по степовому схилу, не багато, 31.05.1923, М. Гродзінський" (KW); (Hrodzynskiy, 1928); "...на виходах силікатних порід над Россю, 1956, Балковський Б.Є." (KWHA). 3\*. Околиці с. Сухоліси: "...на галявинах в лісах надлучної тераси р. Рось" (Hrodzynskiy, 1929). Кагарлицький р-н: 4. Місто Ржищів: "...вершина та схили пагорба, N 49.936855°, E 31.049321°, плоношення, 25.06.2018, Гриценко В.В." (KW139031). 5. Околиці м. Ржищів: "...на степовому схилі біля Дніпра, 06.06.1974, Бортняк М.М" (KWU008364). Києво-Святошинський р-н: 6. Околиці с. Крюківщина: "...на захід від села, на південно-східному схилі справа від залізничної колії м. Київ – м. Фастів, у складі угруповання формації *Festuceta valesiaca*, кілька особин, 01.07.2002, Гриценко В.В." (KWHA). Миронівський р-н: 7. Околиці с. Тулинці, ботанічний заказник "Тулинецькі переліски" (створений у 1994 р.): "...на степових схилах, 09.06.1980, Любченко В.М., Бортняк М.М" (KWU008357); (Chorik et al., 1984; Bortnyak et al., 1993); "...01.07.1993, Єремко І.О." (KW 037320); "...14.06.1996, Мельник В.І., Дубенець Т.Г." (KWHA); "...лучно-степові схили, в

лучно-степових угрупованнях, популяція чисельна, 28.05.2002, Гриценко В.В." (KWHA); (Korotchenko, Fitsaylo, 2003; Kucheryava et al., 2003; Melnik, Gritsenko, 2005; Kucheryava et al., 2007; Melnik, Gritsenko, 2007); "...степові схили, доміант, Leg. 22.05.2015, Det. 04.06.2015, Коломійчук В.П." (KW117976). 8. Околиці с. Шандра, урочище "Шандрівський ліс": "...степові ділянки, V–VI 1970, Охріменко Н.А. (KWU008362); "...степові ділянки на узліссі дубового лісу, 09.06.1980, Бортняк М.М., Любченко В.М." (KWU008358); "...на схилі балки, 09.06.1980, Бортняк, Любченко" (KWU008365); (Pogrebennik et al., 1987); "...на лучно-степових узліссях, зрідка, 28.05.2002, Гриценко В.В." (KWHA). 9\*. Околиці с. Козин: "Козинський ліс, на вирубах та галявинах 22.V.29. fl! Дуже рідко!" (Dyrdovskiy, 1931). 10. Село Козин: "...дамба старої залізничної дороги, 25.05.1969, І. Сікура" (KWHA). 11. Околиці с. Центральне: "...землі ін-ту пшениці, схил балки, 17.05.1990, Бортняк, Войтюк" (KWU008363); "...на схилах балки у лучно-степових угрупованнях, 22.05.2003, Гриценко В.В." (KWHA); (Melnik et al., 2006; Melnik, Gritsenko, 2007). Обухівський р-н: 12. Околиці с. Старі Безрадиці: "...за 1,5 км на південний захід від села, "Городище Городок", на платоподібній вершині гори, небагато, 22.05.2003, Гриценко В.В." (KWHA); (Melnik et al., 2006; Melnik, Gritsenko, 2007). 13\*. Околиці с. Нещерів: "...степовий схил "Лиса гора", 09.06.1930, Чернооголовко" (KW).

**Черкаська обл.: Канівський р-н**: 14\*. Місто Канів, "Тарасова" ("Чернеча") гора (з 1989 р. – Шевченківській національний заповідник), на вершинах та схилах (Kryshtal, 1947). 15\*. Канівський природний заповідник (створений у 1923 р.): на вершинах та схилах "Великого Скіфського" городища, "Мар'їної" та "Княжої" гір, на вершинах гряд біля "Сухого потоку" (Kryshtal, 1947). 16. Околиці с. Потапці: "...на узліссі дубового лісу, 09.06.1981, Любченко В.М." (KWU008359). 17\*. Регіональний ландшафтний парк (РЛП) "Трахтемирів" (створений у 2000 р.), с. Трахтемирів, урочище "Великі валки" (Chorik et al., 1984). 18. РЛП "Трахтемирів", с. Луковиця: "...на схилах балки, 13.06.1976, Любченко В.М." (KW). 19. РЛП "Трахтемирів", с. Зарубинці (примітка: село розселене): "...на схилах до Дніпра, 09.05.1975, Любченко В." (KWU008360, 008361); "...на степних схилах, около села, 13.06.1976, Любченко В.М." (KW). 20. Околиці с. Бучак: "...Купріїв Шпиль, серед степової рослинності, 20.06.1976, Любченко В.М."

(KW); "...Лиса гора, 01.07.1976" (KW008422); (Lyubchenko et al., 1977, 1980). 21. Околиці с. Студенець (Lyubchenko et al., 1980). Корсунь-Шевченківський р-н: 22\*. Околиці м. Корсунь-Шевченківський: "околиці м. Корсуня на Київщині на степовім схилі, 25.05.1924, N. Pidopliczka" (KW).

Таким чином, на Київському плато впродовж 1907–2018 рр. *S. pennata* відмічено у 22 місцезнаходженнях, більша частина яких сконцентрована у південно-східній його частині (див. рис. 1). Умови місцезростань виду тут мають певні особливості. Плакорних степових ділянок, до яких *S. pennata* приурочений в інших частинах ареалу, на Київському плато немає. У регіоні досліджень вид трапляється на степових схилах переважно південної експозиції та вершинах пагорбів. Тут мають місце мікрокліматичні особливості, пов'язані з рельєфом. Так, за рахунок експозиції та крутизни схилів показники термічного режиму ґрунту й повітря на південних схилах значно вищі. Для порівняння зазначимо, що на півдні України едифікаторного значення цей вид набуває переважно на схилах північної експозиції (Tkachenko, Korotchenko, 2009).

Найбільшим за площею на Київському плато вважається локалітет *S. pennata* в околицях с. Тулинці в ботанічному заказнику "Тулинецькі переліски" (рис. 1: 7). Тут локалітет приурочений до платоподібної вершини "Лисої гори", верхньої та середньої частин крутих (до 45°) схилів гори та займає декілька гектарів (Melnik, Gritsenko, 2005, 2007). Другим за площею є локалітет *S. pennata* в околицях с. Центральне (рис. 1: 11). Тут *S. pennata* представлена у верхній та середній частинах крутих (30–50°) південних і південно-західних схилів балки (Melnik et al., 2006; Melnik, Gritsenko, 2007). Через значну крутизну схилів ці дві території збереглися від переорювання та сільськогосподарського використання. У 2010 та 2017 рр. під час експедиційних досліджень ранньовесняних ефемероїдів, проведених автором разом з Н.В. Кушнір, ми спостерігали на схилах і дні балки в околицях с. Центральне сліди суцільних випалів травостою. Пірогенний фактор може неоднозначно впливати на *S. pennata* та інші рідкісні види. Значно меншим за площею є локалітет *S. pennata* в околицях с. Шандра (рис. 1: 8). В урочищі "Шандрівський ліс" вид *S. pennata* приурочений до верхньої частини лучно-степового пологого (15–20°) схилу східної експозиції на узліссі дубового лісу. В екотоні між ліською та лучно-степовою рослинністю в 2002–2005 рр. поодинокі траплялись

*Robinia pseudoacacia* L. та *Amorpha fruticosa* L. У 2010 та 2017 рр. під час експедиційних досліджень відмічена зміна умов існування *S. pennata*, а саме – поступове заростання узлісся адвентивним видом *R. pseudoacacia* та, як наслідок, зменшення чисельності особин *S. pennata*. Три вищезгадані локалітети характеризуються великим флористичним різноманіттям та наявністю, окрім *S. pennata*, значної кількості інших рідкісних видів рослин. Це свідчить про те, що ці місцезростання *S. pennata* найімовірніше є первинними (корінними).

На Київському плато *S. pennata* трапляється також у вторинних місцезростаннях, приурочених до форм рельєфу антропогенного походження. Це схили залізниць в околицях сіл Крюківщина (рис. 1: 6) і Козин (рис. 1: 10) та городище "Городок" в околицях с. Старі Безрадиці (рис. 1: 12). На вершині крутого (50–60°) схилу городища *S. pennata* представлений незначно. Флористичний склад тут бідніший порівняно з первинними місцезростаннями (Melnik et al., 2006; Melnik, Gritsenko, 2007).

На сучасному етапі виявлені регресивні зміни хорології виду в регіоні, пов'язані з антропогенним фактором. На жаль, донині не збереглися дев'ять місцезнаходжень *S. pennata*. За результатами багаторічних експедиційних досліджень автора та літературними даними встановлено, що *S. pennata* зникла з території міст Київ (рис. 1: 1), Біла Церква (Doenko, 2014) (рис. 1: 2), Канів (рис. 1: 14) та з Канівського природного заповідника (Lyubchenko et al., 1980; Nechytaylo et al., 2002) (рис. 1: 15).

Ймовірно зниклими є місцезнаходження *S. pennata* в околицях сіл Сухоліси (рис. 1: 3), Козин (рис. 1: 9), Нещерів (рис. 1: 13), м. Корсунь-Шевченківський (рис. 1: 22), які наводились понад 85 років тому. Локалітет у с. Трахтемирів (рис. 1: 17) зараз знищений внаслідок людської діяльності. Про місцезнаходження *S. pennata* в околицях с. Сухоліси зазначалось: "В червні ковила звідсіля цілими снопами вивозять на базар в Білу Церкву: на жаль цим промыслом в багатьох місцях цю траву вже знищено" (Hrodzynskiy, 1929). Щодо *S. pennata* в околицях с. Козин вказувалось: "Цього типового степовика довелося бачити лише поодинокі екземпляри. Рослина зникає через розорювання вирубів майже на очах" (Dyrdovskiy, 1931). В с. Трахтемирів "...лесомелиораторы нарезали террасу на склоне древнего скифского вала, при этом был уничтожен и участок ковыля перистого, который, в отличие от

тырсы, здесь почти не восстанавливается" (Chorik et al., 1984).

Наприкінці червня 2018 р. на Київському плато виявлено нове місцезнаходження *S. pennata*, яке знаходиться у південній частині м. Ржищів (див. рис. 1: 4). Ця територія була обстежена автором після усного повідомлення місцевих жителів про пагорб з красиво квітучими рослинами, що розташований поблизу садиб по вул. Богдана Хмельницького, 145, 147. Народна назва цієї місцини – урочище "Березовка". Воно займає площу близько 12 га та являє собою частину місцевості, відмінну від навколишньої, а саме – високий природний пагорб неправильної видовженої форми з прилеглими ділянками. Схили пагорба – переважно круті (до 45°), місцями – більш пологі. За словами місцевих жителів, він ніколи не переорювався. Схили та вершина пагорба вкриті лучно-степовою рослинністю.

Наводимо результати досліджень, проведених в урочищі "Березовка" 25 червня 2018 р. *Stipa pennata* приурочена до плато-подібної вершини, верхньої та середньої частин схилів пагорба (рис. 2).

Висота травостою сягає 50–60 см, загальне проективне покриття – близько 80%. Основу травостою разом зі *S. pennata* складають *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin та *Poa angustifolia* L. Зі злаків представлені також *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Dactylis glomerata* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski (*Elymus repens* (L.) Gould), *Festuca pratensis* Huds., *Koeleria cristata* Pers., *Phleum phleoides* H.Karst., *P. pratense* L., *Poa pratensis* L. та інші.

Лучно-степове різнотрав'я багате, у його складі під час досліджень виявлені: *Achillea collina* Becker ex Rechb., *A. millefolium* L., *Clinopodium acinos* (L.) Kuntze (*Acinos arvensis* (Lam.) Dandy), *Agrimonia eupatoria* L., *Ajuga genevensis* L., *Allium waldsteinii* G.Don, *Anthyllis macrocephala* Wender., *Artemisia marschalliana* Spreng., *A. vulgaris* L., *Astragalus cicer* L., *Campanula rapunculoides* L., *Carduus nutans* L., *Centaurea borysthena* Gruner, *C. scabiosa* L., *Cerastium holosteoides* Fr., *Clinopodium vulgare* L., *Convolvulus arvensis* L., *Cynoglossum officinale* L., *Dianthus armeria* L., *D. membranaceus* Borbás, *Echium vulgare* L., *Eryngium campestre* L., *E. planum* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Filipendula vulgaris* Moench, *Fragaria viridis* Duchesne, *Galium verum* L., *Gypsophila paniculata* L., *Helichrysum arenarium* Moench, *Hypericum perforatum* L., *Inula hirta* L.,

*Knautia arvensis* Coult., *Malva thuringiaca* (L.) Vis. (*Lavatera thuringiaca* L.), *Linaria vulgaris* Mill., *Lotus ucrainicus* Klokov, *Medicago falcata* L., *Melampyrum arvense* L., *Melilotus albus* Medik., *M. officinalis* Pall., *Odontites vulgaris* Moench, *Onobrychis arenaria* DC., *Origanum vulgare* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench (*Phlomis tuberosa* L.), *Plantago lanceolata* L., *P. media* L., *Potentilla argentea* L., *P. incana* G.Gaertn., B.Mey. & Scherb., *P. neglecta* Baumg., *Ranunculus polyanthemos* L., *Rumex acetosa* L., *Salvia pratensis* L., *Scabiosa ochroleuca* L., *Securigera varia* (L.) Lassen, *Stachys recta* L., *Stellaria graminea* L., *Viscaria vulgaris* Röhl. (*Steris viscaria* (L.) Raf.), *Tanacetum vulgare* L., *Thalictrum minus* L., *Tragopogon major* Jacq., *Trifolium alpestre* L., *T. arvense* L., *T. medium* L., *T. montanum* L., *T. pratense* L., *Verbascum lychnitis* L., *V. phlomisoides* L., *Veronica chamaedrys* L., *V. incana* L., *V. teucrium* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik. тощо. Рослинний покрив цього місцезростання *S. pennata* є характерним для лучних степів Київського плато. Антропогенних пошкоджень рослинного покриву та поверхні ґрунту не виявлено.

*Stipa pennata* у регіоні досліджень квітує в другій половині травня протягом двох тижнів. Дозрівання зернівок триває близько трьох тижнів. Рослина розмножується насінням.

На час досліджень, наприкінці червня, генеративні пагони та частково листки *S. pennata* були вже засохлими, а плоди дозрілими. Спостерігалась масова дисемінація *S. pennata*, пов'язана зі структурними особливостями зернівок. Вид є високоспеціалізованим анемохором. Десятки одиничних зернівок підіймалися у повітря висхідними потоками. Інші зернівки були природним шляхом сплутані довгими біло-пірчастими остюками в пучки (рис. 3, А), які перекочувались поривами вітру у нижній частині травостою по типу "перекотиполе". Пучки дозрілих плодів *S. pennata* – неправильної форми, різні за розміром та кількістю зернівок (зазвичай по декілька десятків), сухі, не щільні, пружні. Судячи зі значної кількості діаспор, квітання та плодоношення *S. pennata* в цей рік були рясними.

Зернівка – однонасінний нерозкритий плід. Зернівки *S. pennata* плівчасті, довгі, 16,5–18,0 мм завд. (до остюка), тонкі, 1,5 мм у діам. в середній частині, продовгуваті, веретеноподібні за формою, густоопушені в основі, вище – з 5–7 поздовжніми волосистими смужками (рис. 3, В). Основи зернівок видовжені, скошено-загострені, колючі,



**A**



**B**



Рис. 2. Місцезростання *Stipa pennata* у м. Ржищів Київської обл. А: вершина пагорба; В: схил пагорба  
Fig. 2. Habitats of *Stipa pennata* in Rzhyshchiv, Kyiv Region. A: hilltop; B: hillside

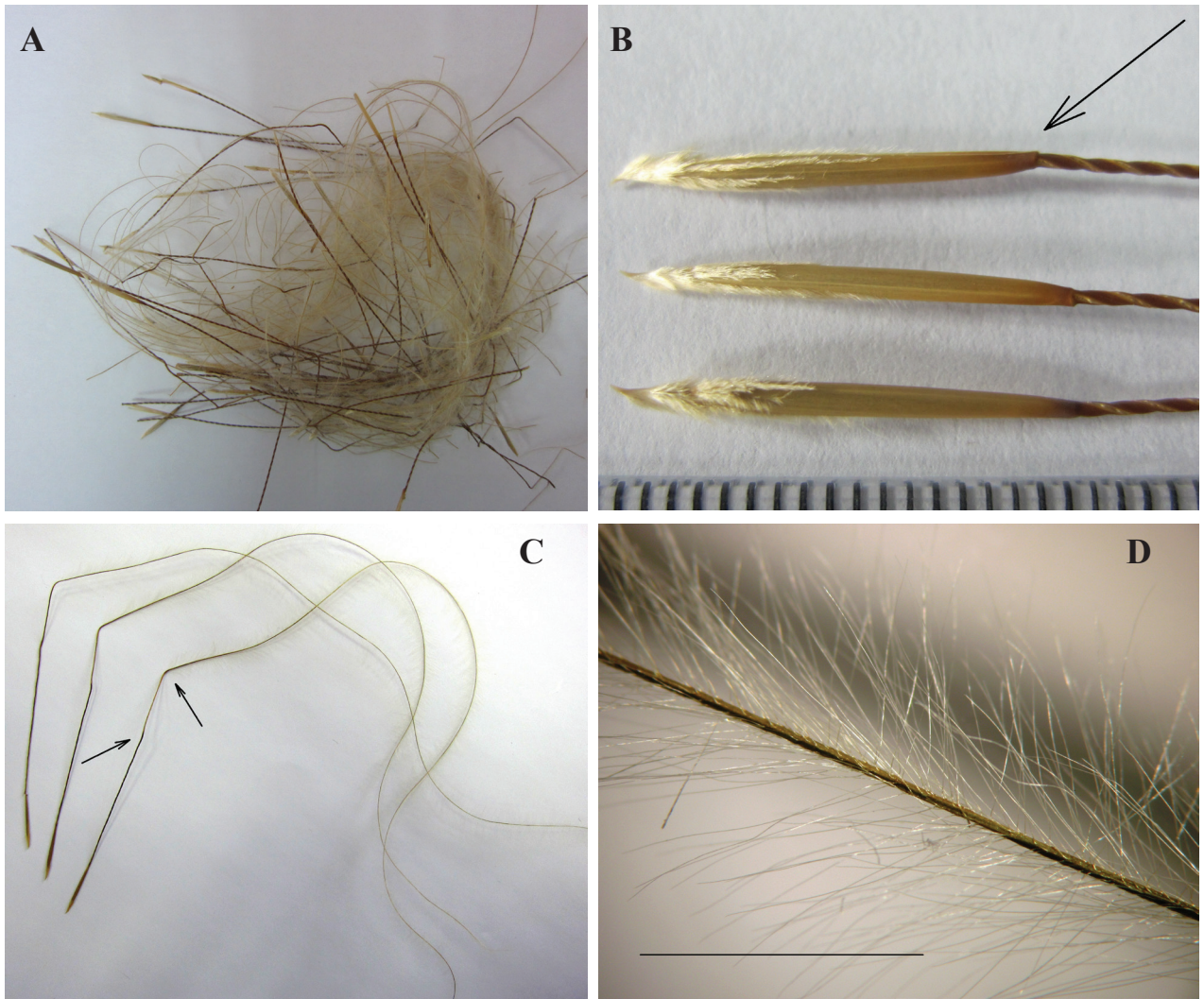


Рис. 3. *Stipa pennata*. A: пучок зернівок; B: зернівки (стрілка – верхівка зернівки); C: зернівки з остюками (стрілка – згин остюка); D: верхня частина остюка. Масштаб: 5 мм (D)

Fig. 3. *Stipa pennata*. A: sheaf of caryopses; B: caryopses (arrow – caryopsis top); C: caryopses with awns (arrow – bend of awn); D: upper part of the awn. Scale: 5 mm (D)

вигнуті, чіпкі. Волоски при основах жорсткі, цупкі, спрямовані косо вгору, потрапляючи у ґрунт, функціонують за типом якоря. Зернівки в пучках направлені загостреними основами назовні (див. рис. 3, A), попадають у ґрунт основами під різними кутами нахилу. Верхівка зернівки (див. рис. 3, B) переходить у двічі колінчасто-зігнутий остюк (рис. 3, C) розміром 28–40 см завд., який може обламуватись. Нижній згин остюка менш виражений, не чіткий. Верхній згин – добре помітний, чіткий, його кут становить 115–125°. У нижній частині остюк голий, штопороподібно закручений, 0,5 мм у діам. (див.

рис. 3, B), гігроскопічний. При підвищенні вологості нижня частина остюка розкручується, угвинчуючи зернівку основою в ґрунт. У верхній частині остюк пірчастоопушений з білуватими прозорими м'якими волосками до 5 мм завд., спрямованими косо вгору (рис. 3, D). У суху погоду ці гігроскопічні волоски розправлені та збільшують вітрильність діаспор при анемохорії.

Окрім анемохорії, діаспори *S. pennata* можуть поширюватись завдяки епізоохорії та антропохорії, причіплюючись вигнутими загостреними основами зернівок до зовнішніх природних покривів тварин

або штучних покривів людини. Так, за природних умов відбувається розсівання зернівок *S. pennata*.

Площа популяції *S. pennata* в урочищі "Березовка" значна за розміром і становить декілька гектарів. Місцями *S. pennata* трапляється рясно. Популяція характеризується значною чисельністю різновікових особин. Переважають зрілі (середньовікові) генеративні особини ( $g_2$ ). Діаметр дернин  $g_2$  становить 10,0–11,5 см. В інших популяціях *S. pennata* на Київському плато, зокрема в околицях сіл Тулинці (див. рис. 1: 7), Центральне (див. рис. 1: 11), Старі Безрадічі (див. рис. 1: 12), максимумами в спектрах онтогенетичних станів також припадають на  $g_2$  (Gritsenko, 2012).

Лучно-степовий рослинний покрив в урочищі "Березовка", у складі якого виявлена *S. pennata*, характеризується значним фіторізноманіттям. Ця територія – одне з небагатьох великих за площею та чисельністю особин місцезнаходжень *S. pennata* на Київському плато. Зважаючи на високу наукову, фітосозологічну та ландшафтно-естетичну цінність урочища, його потрібно зберегти від можливих антропогенних пошкоджень, як то сільськогосподарські або будівельні роботи тощо.

## Висновки

За літературними і гербарними даними та результатами експедиційних досліджень автора, *S. pennata* був відмічений на Київському плато у 22 місцезнаходженнях. Вид трапляється у первинних та вторинних місцезростаннях. Виявлено регресивні зміни хорології *S. pennata* на Київському плато, пов'язані з антропогенним фактором. До теперішнього часу дев'ять місцезнаходжень *S. pennata* в регіоні не збереглися.

Виявлено нове місцезнаходження *S. pennata*: Київська обл., м. Ржищів, урочище "Березовка". Тут вид приурочений до вершини та схилів високого пагорба, рослинний покрив якого є характерним для лучних степів Київського плато. Популяція *S. pennata* в урочищі займає декілька гектарів і характеризується значною чисельністю різновікових особин з переважанням зрілих генеративних.

Під час досліджень спостерігалася дисемінація *S. pennata* способом анемохорії, пов'язана зі структурними особливостями плодів виду. Одна частина зернівок *S. pennata* підіймалася в повітря висхідними потоками, інша частина була природним шляхом сплутана остюками в

пучки, які перекочувались поривами вітру по типу "перекотиполе".

З метою збереження *S. pennata in situ* автор пропонує взяти урочище "Березовка" під охорону і створити тут ботанічний заказник місцевого значення площею 12 га.

## Подяки

Автор висловлює щирі подяки завідуючій Насінневою лабораторією Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України к.б.н. Т.Б. Вакуленко за консультації щодо структури плодів *S. pennata*.

## Список посилань

- Artyushenko Z.T., Fedorov A.A. 1986. *Atlas po opisatelnoy morfologii vysshikh rasteniy. Plod.* Leningrad: Nauka, 392 pp. [Артюшенко З.Т., Федоров А.А. 1986. *Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод.* Ленинград: Наука, 392 с.].
- Bahmet O.B., Paliyenko V.P. 2006. *Ukrainskyi Geografichnyi Zhurnal*, 4: 29–34. [Багмет О.Б., Палієнко В.П. 2006. Морфоструктурна позиція Київського плато. *Український географічний журнал*, 4: 29–34].
- Bortnyak M.M., Voytyuk Yu.O., Lyubchenko V.M., Holyachenko T.V. 1993. *Ukrainian Botanical Journal*, 50(2): 122–125. [Бортняк М.М., Войтюк Ю.О., Любченко В.М., Голяченко Т.В. 1993. Флористичні особливості ділянки степу Шандра–Тулинці (Київська область, Україна). *Український ботанічний журнал*, 50(2): 122–125].
- Chopik V.I., Pogrebennik V.P., Nechitaylo V.A., Yatsenko N.P., Bortnyak N.N. 1984. In: *Problemy okhrany genofonda i upravleniya ekosistemami v zapovednikakh stepnoy i pustynnykh zon: materialy konferentsii.* Moscow, pp. 62–65. [Чопик В.І., Погребенник В.П., Нечитайло В.А., Яценко Н.П., Бортняк Н.Н. 1984. К охроне генофонда степных видов флоры Среднего Приднепровья Украинской ССР. В кн.: *Проблемы охраны генофонда и управления экосистемами в заповедниках степной и пустынных зон: материалы конференции.* Москва, с. 62–65].
- Doyko N.M. 2014. *Visnyk Kharkivskogo natsionalnogo universytetu. imeni V.N. Karazina. Seria Biologia*, 20(1100): 281–285. [Дойко Н.М. 2014. Флора лучно-степових фітоценозів дендрологічного парку "Олександрія" НАН України. *Вісник Харківського національного університету імені Н.В. Каразіна. Серія Біологія*, 20(1100): 281–285].
- Dyrдовskiy V.U. 1931. *Zapysky Maslivskoho instytutu selektsii*, 4: 127–141. [Дирдовський В.У. 1931. До флори Білоцерківщини. *Записки Маслівського інституту селекції*, 4: 127–141].
- Gritsenko V.V. 2007. *The meadow steppes of the Kyiv plateau: flora, vegetation, population of rare species and*

- protection: Cand. Sci. Diss. Kyiv, M.M. Gryshko National Botanical Garden of NAS of Ukraine, 358 pp. (manuscript). [Грищенко В.В. 2007. *Лучні степи Київського плато: флора, рослинність, популяції рідкісних видів та охорона*: дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка". Київ, Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, 358 с. (рукопис)].
- Gritsenko V.V. 2012. In: *The Plant Kingdom in the Red Data Book of Ukraine: Implementing the Global Strategy for Plant Conservation: Proceedings of II International Conference*. Kyiv: Palyvoda A.V., pp. 86–89. [Грищенко В.В. 2012. Популяції рідкісних видів рослин, внесених до "Червоної книги України", в лучних степах Київського плато. В зб.: *Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин: матеріали II Міжнародної наукової конференції (Умань, 9–12 жовтня 2012 р.)*. Київ: ПАЛІВОДА А.В., с. 86–89]. [http://www.botany.kiev.ua/doc/konf\\_kr\\_kn\\_2012.pdf](http://www.botany.kiev.ua/doc/konf_kr_kn_2012.pdf)
- Hrodzynskiy M.K. 1928. *Bilotserkivske krajeznavche tovarystvo*, 1(4): 5–33. [Гродзинський М.К. 1928. Природна рослинність Білоцерківщини. *Білоцерківське краєзнавче товариство*, 1(4): 5–33].
- Hrodzynskiy M.K. 1929. *Zapysky Bilotserkivskoho silskogospodarskoho politekhnikumy*, 1(1): 9–22. [Гродзинський М.К. 1929. Матеріали до флори Білоцерківщини. *Записки Білоцерківського сільськогосподарського політехнікуму*, 1(1): 9–22].
- Korotchenko I.A., Fitsaylo T.V. 2003. *Naukovi zapysky NaUKMA. Biologiya ta ekologiya*, 21: 20–35. [Коротченко І.А., Фіцайло Т.В. 2003. Степова рослинність Київського плато. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*, 21: 20–35].
- Kryshchal O.P. 1947. *Zbirnyk prats Kanivskoho bioheohrafichnoho zapovidnyka*, 1(1): 3–62. [Криштал О.П. 1947. Канівський біогеографічний заповідник. *Збірник праць Канівського біогеографічного заповідника*, 1(1): 3–62].
- Kucheryava L.F., Shevchuk V.L., Bakalina M.V., Tyshchenko O.V. 2003. In: *Rol pryrodno-zapovidnykh terytoriy u pidtrymanni bioriznomanittya: materiy konferentsii*. Kaniv, p. 116. [Кучерява Л.Ф., Шевчик В.Л., Бакаліна М.В., Тищенко О.В. 2003. Червонокнижні види рослин у заказнику "Тулинецькі Переліски" (Київська обл.). У зб.: *Роль природно-заповідних територій у підтриманні біорізноманіття: матеріали конференції*. Канів, с. 116].
- Kucheryava L.F., Shevchuk V.L., Tyshchenko O.V. 2007. *Zapovidna sprava v Ukraini*, 13(1–2): 38–41. [Кучерява Л.Ф., Шевчик В.Л., Тищенко О.В. 2007. Судинні рослини заказника "Тулинецькі переліски" (Київська область). *Заповідна справа в Україні*, 13(1–2): 38–41].
- Lyubchenko V.M., Palienko E.T., Yatsenko N.P., Vinstvenskiy M.A. 1977. In: *Prirodnye zapovedniki i osnovnye printsipy ikh raboty*. Minsk: Vysheyshaya shkola, pp. 119–122. [Любченко В.М., Палиєнко Е.Т., Яценко Н.П., Винственский М.А. 1977. Организация сети памятников природы в сфере влияния заповедника. В зб.: *Природные заповедники и основные принципы их работы*. Минск: Высшая школа, с. 119–122].
- Lyubchenko V.M., Pogrebennik V.P., Yatsenko N.P. 1980. *Okhrana, izuchenie i obogashchenie rastitelnogo mira*, 7: 9–18. [Любченко В.М., Погребенник В.П., Яценко Н.П. 1980. Охрана генофонда флоры и растительности в зоне Каневского заповедника. *Охрана, изучение и обогащение растительного мира*, 7: 9–18].
- Melnik V.I., Gritsenko V.V. 2005. *Zbirnyk naukovykh prats Poltavskoho derzhavnoho pedagogichnoho universytetu. Seriya Ekologiya. Biologichni nauky*, 4(43): 22–28. [Мельник В.І., Грищенко В.В. 2005. Рослинний покрив урочища "Тулинецькі переліски" – еталон лучних степів Київського плато. *Збірник наукових праць Полтавського державного педагогічного університету імені В.Г. Короленка. Серія Екологія. Біологічні науки*, 4(43): 22–28].
- Melnik V.I., Gritsenko V.V. 2007. *Botanicheskiy Zhurnal*, 92(5): 730–739. [Мельник В.І., Грищенко В.В. 2007. Луговые степи Киевского плато. *Ботанический журнал*, 92(5): 730–739].
- Melnik V.I., Gritsenko V.V., Parubok M.I. 2006. *Zapovidna sprava v Ukraini*, 12(1): 77–82. [Мельник В.І., Грищенко В.В., Парубок М.І. 2006. Рослинний покрив перспективних для заповідання лучно-степових ділянок Київського плато. *Заповідна справа в Україні*, 12(1): 77–82]. Available at: <http://actos.kiev.ua/zsu/zsu12-1/zsu12-1-13.pdf>
- Nechytaylo V.A., Pohrebennyk V.P., Gritsenko V.V. 2002. *Sudynni rosliny Kanivskoho zapovidnyka i okolys*. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 226 pp. [Нечитайло В.А., Погребенник В.П., Грищенко В.В. 2002. Судинні рослини Канівського заповідника і околиць. Київ: Фітосоціоцентр, 226 с.].
- Pogrebennik V.P., Kucheryava L.F., Nechytaylo V.A., Khomenko Zh.I. 1987. *Okhrana, izuchenie i obogashchenie rastitelnogo mira*, 14: 13–18. [Погребенник В.П., Кучерява Л.Ф., Нечитайло В.А., Хоменко Ж.И. 1987. Редкие и исчезающие растения в урочище "Шандровский лес". *Охрана, изучение и обогащение растительного мира*, 14: 13–18].
- Poryvkina O.V. 1968. *Lesostepnaya oblast Kievskogo plato*. In: *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Ukrainской SSR*. Kiev: Izd-vo Kievskogo universiteta, pp. 232–241. [Порывкина О.В. 1968. Лесостепная область Киевского плато. В кн.: *Физико-географическое районирование Украинской ССР*. Киев: Изд-во Киевского университета, с. 232–241].
- The Plant List*. 2013–onward. Available at: <http://www.theplantlist.org/> (Accessed 29 October 2019).
- Tkachenko V.S., Korotchenko I.A. 2009. *Stipa pennata*. In: *Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit (Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom)*. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 257. [Ткаченко В.С., Коротченко І.А. 2009. *Stipa pennata*. В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ*. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 257].

Рекомендує до друку І.А. Коротченко



## Перша знахідка в Україні рідкісного в Європі виду *Entoloma graphitipes* (Entolomataceae)

Микола П. ПРИДЮК, Марія О. ЗИКОВА

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна  
[prydiuk@gmail.com](mailto:prydiuk@gmail.com)

Prydiuk M.P., Zykova M.O. 2020. **First find in Ukraine of *Entoloma graphitipes* (Entolomataceae), a rare species in Europe.** *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 113–116.

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine  
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01004, Ukraine

**Abstract.** The first for Ukraine record of *Entoloma graphitipes* (subgenus *Claudopus*) from Male Polissya National Nature Park (Khmelnyskiy Region) is reported. Up to now, only seven records of this rare species have been known in Europe (five records from Spain, one from Germany, and one from Norway). The fungus is characterized by considerable morphological and ecological variability. Detailed descriptions of its macro- and micromorphological characters, original photos of fruit bodies and drawings of microstructures are provided.

**Key words:** *Agaricomycetes*, distribution, *Entoloma rusticoides* group, subgenus *Claudopus*

Submitted 13 September 2019. Published 29 April 2020

Придюк М.П., Зикова М.О. 2020. **Перша знахідка в Україні рідкісного в Європі виду *Entoloma graphitipes* (Entolomataceae).** *Український ботанічний журнал*, 77(2): 113–116.

**Реферат.** Наведено відомості про першу для території України (територія Національного природного парку "Мале Полісся", Хмельницька обл.) знахідку виду роду *Entoloma* – *E. graphitipes* (підрид *Claudopus*). Загалом було відомо лише сім місцезнаходжень цього рідкісного європейського виду (по одній знахідці в Німеччині та Норвегії, п'ять – в Іспанії). Вид характеризується значною морфологічною та екологічною варіабельністю. Наведені детальні описи макро- та мікроскопічних ознак, а також оригінальні фотографії плодових тіл і рисунки мікроструктур зразка з території України.

**Ключові слова:** *Agaricomycetes*, *Entoloma rusticoides* угруповання, підрид *Claudopus*, поширення

У 2018 р. під час обстеження території Національного природного парку "Мале Полісся" (Хмельницька обл., Ізяславський та Славутський р-ни) був зібраний зразок гриба з роду *Entoloma* P.Kumm. Згодом вид було визначено як *Entoloma graphitipes* E.Ludw. (підрид *Claudopus*). Цей вид уперше був виявлений у 1982 р. у Берліні, проте був описаний як самостійний значно пізніше (Ludwig, 2007). Відповідно до останніх досліджень, він належить до монофілетичної та досить чітко морфологічно окресленої групи видів, позначеної як *Entoloma rusticoides* group (Vila et al., 2014). До неї включено дрібні види з омфаліноїдними гігрофанними плодовими тілами

та ізодіаметричними спорами середнього розміру. Як і більшість представників названої групи, *E. graphitipes* є досить рідкісним у Європі. Оскільки вид уперше зареєстровано в Україні, вважаємо за необхідне описати знайдений зразок детально.

Зразок гриба зберігається в Національному гербарії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW-M).

У тексті використано такі умовні позначення: L – кількість пластинок гіменофору, які досягають ніжки; l – кількість пластинок, що не досягають ніжки, розташованих між двома пластинками, які досягають ніжки; Q – відношення довжини спори

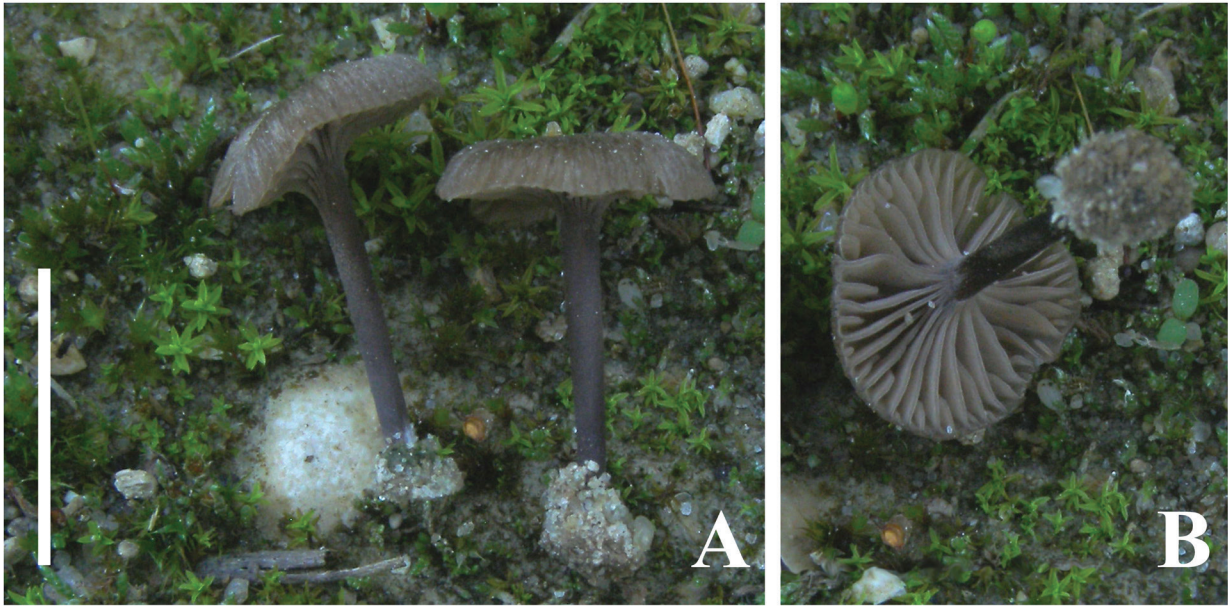


Рис. 1. *Entoloma graphitipes*. А: плодові тіла; В: форма пластинок. Масштабна шкала: 1 см  
 Fig. 1. *Entoloma graphitipes*. A: fruit bodies; B: shape of lamellae. Bar: 1 cm

до її ширини (квотієнт); ав. L – середня довжина спори; ав. B – середня ширина спори; ав. Q – середнє значення квотієнта.

*Entoloma graphitipes* E.Ludw., Pilzkompedium. Band 2 (Beschreibungen), 2007: 290. – Рис. 1, 2.

*Entoloma graphitipes* f. *cystidiatum* F.Caball., Vila & Català, Revta Catal. Micol. 35, 2014: 78.

Плодові тіла омфаліноїдні (рис. 1). Шапінка діаметром до 1 см, випукла до випуклорозпростертої або розпростертої, в центрі завжди більш-менш ввігнута, особливо з віком, краї спочатку дещо загнуті донизу, згодом можуть бути майже прямими, гладенька або злегка зерниста в центрі, гігрофанна, прозоро-смуриста до 1/2 радіусу, сира коричнювато-сіра чи сірувато-коричнева, в центрі темніша, по краях світліша, при висиханні світлішає до сірої. Пластинки злегка спускаються на ніжку, розріджені (L = 18,0–20, l = 1–(3)), товсті, ввігнуті, коричнювато-сірі з таким же краєм, згодом рожевувато-сірі. Ніжка центральна, 0,8–1,5 × 0,1 см, циліндрична або дещо звужується донизу, суцільна, темно-коричнювато-сіра, темніша за шапінку, гладенька. М'якуш у шапінці дуже тонкий, сіро-коричневий, у ніжці темніший, зі слабким грибним запахом, смак не досліджено. Споровий порошок рожевий.

Спори (7,0–)7,5–9,5(–10,0) × 6,5–8,5(–9,0) мкм, Q = 1,06–1,29; ав. L = 8,3±0,67 мкм,

ав. B = 7,3±0,58 мкм, ав. Q = 1,15±0,06, ізодіаметричні до субізодіаметричних, злегка округлокутасті (5–8-кутні), досить тонкостінні, практично безбарвні, блідо-рожевуваті (рис. 2, С). Базидії 22,0–31,0 × 9,5–12,0 мкм, булавоподібні, 4-спорові (рис. 2, А). Цистиди відсутні. Кутикула шапинки гіфальна, сформована тонкими гіфами 2–8 мкм завш., останні блідо-коричнюваті, на поверхні злегка інкрустовані гранулами пігменту (рис. 2, В). Субкутикулярний шар добре диференційований, складається з товстіших майже безбарвних гіф 9,5–25,0 мкм завш. Пряжок немає.

Плодові тіла ростуть поодинокі чи маленькими групами на піщаних або кам'янистих ґрунтах, часто серед мохів та лишайників. Гумусовий сапротроф, може траплятися в угрупованнях із різним рівнем зволоження, як у досить сухих трав'яних (Ludwig, 2007; Vila et al., 2014), так і вологих болотяних (Weholt et al., 2015).

**Досліджені зразки.** Хмельницька обл., Ізяславський р-н, Національний природний парк (НПП) "Мале Полісся", узбіччя дороги в сосновому лісі, близько 2 км на північний захід від с. Сторонице, 69 кв., 50°14'44.5" пн. ш., 26°34'21.5" сх. д., 18.09.2018 (KW-M71193), зібрала М.О. Зикова.

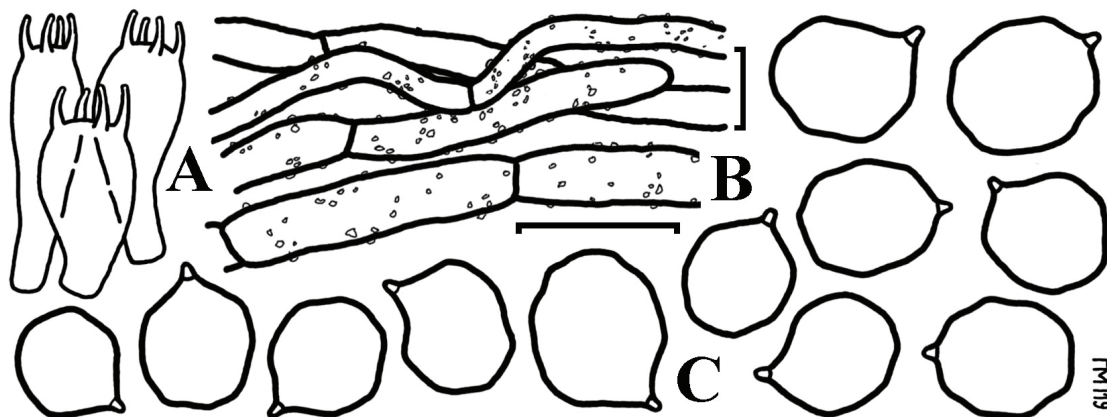


Рис. 2. Мікроскопічні ознаки *Entoloma graphitipes*. А: базидії; В: елементи кутикули шапинки; С: спори. Масштабна шкала: 10 мкм

Fig. 2. Microscopic characters of *Entoloma graphitipes*. A: basidia; B: elements of pileipellis; C: spores. Bar: 10  $\mu$ m

**Загальне поширення.** Європа: Іспанія, Німеччина, Норвегія, Україна (Ludwig, 2007; Vila et al., 2014; Weholt et al., 2015) (рис. 3).

Слід зауважити, що колекційні зразки *Entoloma graphitipes* із різних місцезнаходжень досить сильно відрізняються між собою як за морфологією, так і за особливостями їхніх місцезростань. Так, спосіб прикріплення пластинок у різних іспанських зразків варіює від прирослих зубцем до таких, що низько спускаються на ніжку (Vila et al., 2014). Діаметр шапинки іспанських, німецьких та українських зразків складає менше 1,0 см, а норвезького становить 1,6 см. Подібні відмінності спостерігаються і в довжині ніжки: більшість відомих екземплярів цього виду мають ніжку 1,0–1,5 см завд., а у гриба з Норвегії вона сягає 2,6 см. Проте молекулярні дослідження підтвердили видову ідентичність усіх згаданих зразків (Vila et al., 2014; Weholt et al., 2015). Плодові тіла *E. graphitipes* з України відрізняються дещо густішими пластинками, але в цілому вони є морфологічно близькими до зразків із Іспанії.

Зовні плодові тіла *Entoloma graphitipes* дещо нагадують *E. rhodocalix* (Lasch: Fr.) M.M.Moser, який теж був знайдений на території НПП "Мале Полісся", але останній має світліші карпофори (особливо ніжку), рідше поставлені пластинки ( $L = 15-16$ ) та гіфи з пружками (Noordeloos, 1992; Ludwig, 2007). Деяку зовнішню схожість із *E. graphitipes*



Рис. 3. Відомі місцезнаходження *Entoloma graphitipes* на території Європи

Fig. 3. The known localities of *Entoloma graphitipes* in Europe

мають також *E. rusticoides* (Gillet) Noordel. та *E. phaeocyathus* Noordel. Обидва види відрізняються більшими спорами (до 11 мкм завд. у *E. rusticoides* і до 12 мкм завд. у *E. phaeocyathus*) та дещо темнішими плодовими тілами. Окрім того, *E. phaeocyathus* має хейлоцистиди (Vila et al., 2014). Слід зауважити, що описана з території Іспанії форма – *E. graphitipes* f.

*cystidiatum* F.Caball., Vila & Català (Vila et al., 2014) має циліндричні або пляшкоподібні хейлоцистиди, й, окрім менших спор, відрізняється від *E. phaeocyathus* ще й світлішим забарвленням карпофорів.

Звартають на себе увагу відмінності між природними умовами в різних місцезростаннях цього виду. Наприклад, всі іспанські знахідки приурочені до сухих середземноморських рослинних угруповань, тоді як німецький та український зразки були виявлені у помірно зволжених фітоценозах зони широколистяних та мішаних лісів. Зразок із Норвегії знайдений у зоні хвойних лісів на краю мохового болітця, тобто в перезволоженому угрупованні (Weholt et al., 2015). Отже, можна констатувати, що *E. graphitipes* є морфологічно та екологічно мінливим видом.

### Подяки

Автори щиро вдячні керівництву Національного природного парку "Мале Полісся" за допомогу в зборі мікологічних матеріалів.

Робота виконана за кошти бюджетної програми "Підтримка розвитку пріоритетних напрямків наукових досліджень" (КПКВК 6541230).

### Список посилань

Ludwig E. 2007. *Pilzkompedium. Bd. 2. Die größeren Gattungen der Agaricales mit farbigem Sporenpulver (ausgenommen Cortinariaceae). Beschreibungen.* Berlin: Fungicon Verlag, 723 pp.

Noordeloos M.E. 1992. *Entoloma s. l. Fungi Europaei*, vol. 5. Saronno: Libreria editrice Giovanna Biella, 760 pp.

Vila J., Caballero F., Carby J., Alvarado P., Catala S., Higelmo M.A., Llimona X. 2014: Preliminary morphologic and molecular study of the *Entoloma rusticoides* group (*Agaricales – Basidiomycota*). *Revista Catalana de Micologia*, 35: 65–99.

Weholt Ø., Eidissen S.E., Lores J., Alvarado P. 2015 (2016). *Entoloma graphitipes* – a species new to Northern Europe. *Karstenia*, 55: 19–24. <https://doi.org/10.29203/ka.2015.466>

Рекомендує до друку В.П. Гайова





<https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.02.117>

## Вплив умов культивування на накопичення біомаси та ендополісахаридів грибами роду *Ganoderma* (*Ganodermataceae*)

Данило О. БОРОМЕНСЬКИЙ, Ніна А. БІСЬКО

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна  
[danylo.boromenskyi@gmail.com](mailto:danylo.boromenskyi@gmail.com)

Boromenskyi D.O., Bisko N.A. 2020. **Influence of cultivation conditions on biomass and endopolysaccharide production by species of the genus *Ganoderma* (*Ganodermataceae*).** *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 117–124.

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine  
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01004, Ukraine

**Abstract.** Influence of liquid static and submerged cultivation conditions on production of biomass and endopolysaccharides in the mycelia of ten strains of seven species of the genus *Ganoderma* from the Mushroom Culture Collection (IBK) was investigated. The selected strains were cultivated in a liquid glucose-peptone-yeast medium for 14 days. For biomass production, submerged cultivation was more advantageous, as compared to liquid static cultivation, for all studied strains except *G. oregonense* 2560. Effect of the submerged cultivation method on the content of polysaccharides in the mycelium was demonstrated only for four investigated strains of *Ganoderma* (*G. tsugae* 2566, 2024 and *G. resinaceum* 2503, 2477). The strain *G. oregonense* 2560 contained the highest percentage of endopolysaccharides in the mycelium (8.2%) obtained using the method of liquid static cultivation. The highest mycelium biomass was produced in liquid static culture by the strains *G. resinaceum* 2477, 2503 (9.4 g/l), *G. oregonense* 2560 (9.3 g/l), and *G. applanatum* 1899 (9.0 g/l). The highest biomass value (20.7 g/l) and the highest yield of endopolysaccharides (1.58 g/l) were obtained in mycelium of *G. tsugae* 2024 in submerged culture. For *G. tsugae* and *G. resinaceum*, a strain specificity in endopolysaccharides content under submerged and static liquid cultivation was established. Data on the production of biomass and endopolysaccharides by the studied strains of *G. carnosum* and *G. oregonense* were obtained for the first time.

**Keywords:** *Ganoderma oregonense*, *Ganoderma carnosum*, *Ganoderma sinense*, liquid static cultivation, submerged cultivation

Submitted 10 October 2019. Published 29 April 2020

Бороменський Д.О., Бісько Н.А. 2020. **Вплив умов культивування на накопичення біомаси та ендополісахаридів грибами роду *Ganoderma* (*Ganodermataceae*).** *Український ботанічний журнал*, 77(2): 117–124.

**Реферат.** Досліджено вплив умов поверхневого та глибинного культивування на накопичення біомаси та вміст ендополісахаридів у міцелії 10 штамів семи видів грибів роду *Ganoderma* з Колекції культур шапинкових грибів (ІБК) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Обрані штами були культивовані на глюкозо-пептон-дріжджовому рідкому живильному середовищі методами поверхневого та глибинного культивування впродовж 14 діб. При порівнянні даних щодо накопичення біомаси було віддано перевагу використанню методу глибинного культивування міцелію над методом поверхневого культивування для всіх штамів окрім *G. oregonense* 2560. Суттєво спосіб глибинного культивування впливає на підвищення вмісту ендополісахаридів у міцелії тільки чотирьох досліджених штамів грибів: *G. tsugae* 2566, 2024, *G. resinaceum* 2503, 2477. При використанні методу поверхневого культивування найбільшу кількість ендополісахаридів у міцелії – 8,2% містив штам *G. oregonense* 2560; найбільшу біомасу міцелію накопичували штами *G. resinaceum* 2477, 2503 – 9,4 г/л, *G. oregonense* 2560 – 9,3 г/л і *G. applanatum* 1899 – 9,0 г/л. Штам *G. tsugae* 2024 накопичує найбільшу кількість біомаси – 20,7 г/л та характеризується найвищою продуктивністю ендополісахаридів – 1,58 г/л при використанні методу глибинного культивування. Встановлено штамову специфічність видів *G. tsugae* та *G. resinaceum*, що проявлялася у вмісті ендополісахаридів за умов обох типів культивування. Вперше отримані дані щодо накопичення біомаси міцелію та ендополісахаридів штамами *G. carnosum* та *G. oregonense*.

**Ключові слова:** глибинне культивування, поверхневе культивування, *Ganoderma oregonense*, *Ganoderma carnosum*, *Ganoderma sinense*

© 2020 D.O. Boromenskyi, N.A. Bisko. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

## Вступ

Представники роду *Ganoderma* P.Karst. (*Ganodermataceae* Donk) викликають білу гниль деревини як хвойних, так і листяних порід (Leung, 2002). Гриби цього роду продукують різноманітні біологічно активні речовини, а саме: полісахариди, більш ніж 150 типів тритерпеноїдів різного складу, в т. ч. ганодерові кислоти (Isabel et al., 2015; Al-Maali et al., 2016; Belova, 2016), протеїни, амінокислоти, (Wasser, 2010; Buchalo et al., 2011), цитокініни (Vedenicheva et al., 2018). Вищевказані речовини впливають на організм людини, проявляючи протипухлинні, протівірусні, антибактеріальні, антиоксидантні та інші властивості (Mizuno et al., 1995; Buchalo et al., 2011; Bisko et al., 2012). У країнах Азії, зокрема в Японії та Китаї, кілька тисяч років широко застосовуються у народній медицині плодове тіла *Ganoderma lucidum* P.Karst. під назвою рейші та лінчжи (Boh et al., 2007).

Було встановлено, що не тільки плодове тіла, а й міцелій грибів цього роду містить біологічно активні речовини з лікарськими властивостями, у т. ч. ендopolісахариди (Wasser, 2010). З літератури відомо, що штами *G. lucidum* та *G. applanatum* (Pers.) Pat. є основними об'єктами дослідження процесів накопичення біомаси та внутрішньоклітинних полісахаридів (Wagner et al., 2003; Babitskaya et al., 2007; Boh et al., 2007; Lee et al., 2007; Bisko et al., 2012). Перспективність використання інших видів роду *Ganoderma* як джерела зазначених речовин вивчена недостатньо (Wei et al., 2014). У літературі відсутні відомості щодо вмісту ендopolісахаридів у міцелії *G. oregonense* Murrill та накопичення біомаси і вмісту ендopolісахаридів у міцелії штамів *G. carnosum* Pat. Немає також даних про вплив поверхневого та глибинного способів культивування міцелію на кількість накопичення біомаси, вміст

та продуктивність синтезу внутрішньоклітинних полісахаридів штамами більшості видів роду *Ganoderma*.

Тому, метою нашої роботи було дослідження впливу глибинного та поверхневого методів культивування на накопичення біомаси, вміст та продуктивність ендopolісахаридів семи видів 10 штамів роду *Ganoderma*.

## Матеріали та методи

Об'єктами дослідження були штами з Колекції культур шапинкових грибів (ІВК) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Bisko et al., 2016) (табл. 1), для переважної більшості з яких ми проводили мікроморфологічні дослідження (Voromenskyi et al., 2019).

Для отримання інокулюму міцелій обраних штамів культивували на глюкозо-пептон-дріжджовому агарі (ГПДА), г/л: глюкоза – 25, пептон – 3, дріжджовий екстракт – 3;  $MgSO_4$  – 0,25;  $KH_2PO_4$  – 1;  $K_2HPO_4$  – 1; агар-агар – 22; рН 6,0 у чашках Петрі за температури  $26 \pm 1$  °С. При дослідженні впливу методів культивування міцелію у поверхневій та глибинній культурі використовували глюкозо-пептон-дріжджове рідке живильне середовище (ГПД), г/л: глюкоза – 25, пептон – 3, дріжджовий екстракт – 3;  $MgSO_4$  – 0,25;  $KH_2PO_4$  – 1;  $K_2HPO_4$  – 1; рН 6,0.

**Умови поверхневого культивування.** Міцелій культивували впродовж 14 діб за температури  $26 \pm 0,1$  °С у термостаті в колбах Ерленмеєра об'ємом 250 мл, що містили 50 мл живильного середовища ГПД. Інокуляцію проводили дисками міцелію культур, що були вирощені на ГПДА. По п'ять дисків діаметром 5 мм вирізали стерильною сталеву трубку на відстані 8–10 мм від краю активного росту колонії.

Таблиця 1. Список досліджених штамів видів роду *Ganoderma*

Table 1. List of investigated species and strains of *Ganoderma*

Вид	Штам	Походження культури, рік надходження до колекції ІВК
<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	1899	Україна, Крим, виділено з плодового тіла, 2006
<i>G. carnosum</i> Pat.	2502	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. lucidum</i> P. Karst.	1904	Виділено з плодового тіла, Україна, Крим, 2006
<i>G. resinaceum</i> Boud.	2477	Виділено з плодового тіла, Україна, 2016
	2503	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. sinense</i> J.D. Zhao, L.W. Hsu & X.Q. Zhang	2516	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. tsugae</i> Murrill	1848	Хайфа, Ізраїль, "International Centre for Cryptogamic Plants and Fungi", 2005
	2024	Отримано з колекції Таврійського державного агротехнологічного університету, 2014
	2566	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. oregonense</i> Murrill	2560	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016

**Умови глибинного культивування.** Міцелій вирощували впродовж 14 діб на лабораторних качалках (120 об/хв) за температури  $26 \pm 0,1$  °C у колбах Ерленмеєра об'ємом 500 мл, що містили 100 мл живильного середовища ГПД. Інокуляцію середовища проводили гомогенізованим інокулюмом, вирощеним у чашках Петрі на ГПДА. Інокулюм вносили в колби у кількості 10% об'єму живильного середовища.

Після культивування міцелій відділяли від живильного середовища шляхом фільтрації через нейлоновий фільтр та промивали калій-фосфатним буферним розчином. Потім міцелій висушували до постійної ваги за температури  $60 \pm 0,1$  °C. Кількість сухої біомаси розраховували в г/л з урахуванням маси інокулюму.

Екстракцію ендополісахаридів з біомаси проводили дистильованою водою у співвідношенні 1 : 5 упродовж 16 год у духовій шафі за  $98 \pm 0,1$  °C. Отриманий екстракт осаджували 96%-м етиловим спиртом у співвідношенні 1 : 2 до об'єму впродовж 24 год за 4 °C. Осад фільтрували при 5000 об/хв упродовж 25 хв та ресуспензували в гарячій дистильованій воді ( $90 \pm 1$ °C). Отриману фракцію ендополісахаридів висушували до постійної маси за 60 °C. Кількість ендополісахаридів визначали гравіметрично та розраховували у відсотках від сухої маси (Bisko et al., 2012).

Продуктивність синтезу ендополісахаридів визначали як кількість ендополісахаридів, утворену міцелієм, на одиницю об'єму живильного середовища впродовж певного часу культивування (Аль-Маалі, 2016).

Оскільки значна кількість світових досліджень роду *Ganoderma* була спрямована на вивчення біологічних властивостей саме *G. lucidum*, то цей вид можна вважати типовим для подібних експериментальних робіт. Отримані нами результати порівнювали з існуючими для штаму *G. lucidum* 1904.

Дослідження проводили у 4-кратній повторності, статистичну обробку – з використанням програмного забезпечення Origin (OriginLab, Northampton, Massachusetts, USA).

## Результати та обговорення

Отримані результати свідчать про те, що біомаса більшої частини досліджених штамів видів роду *Ganoderma* при культивуванні у поверхневій культурі

на ГПД-середовищі була вищою, ніж у *G. lucidum* 1904. Найбільшу біомасу міцелію при поверхневому культивуванні накопичували штами *G. resinaceum* 2477, 2503, *G. oregonense* 2560 та *G. applanatum* 1899, її кількість була на 30% більшою, ніж у *G. lucidum* 1904. Між показниками *G. sinense* 2516 та *G. lucidum* 1904 достовірної різниці не було. Кількість біомаси, що була синтезована *G. tsugae* 2024, на 20%, а штамми *G. carnosum* 2502 та *G. tsugae* 1848 – на 50% меншою, ніж у *G. lucidum* 1904 (рис. 1).

У ході дослідження була відмічена штамова специфічність процесу синтезу біомаси для виду *G. tsugae*. Так, штам *G. tsugae* 2566 накопичував на 37,5% більше біомаси, ніж *G. tsugae* 2024, та на 62,5% більше, ніж *G. tsugae* 1848. Проте така особливість була відсутня в штамів *G. resinaceum*, для них різниця в показниках біомаси була в межах статистичної похибки (рис. 1).

На другому етапі експерименту, під час використання методу глибинного культивування на ГПД-середовищі, понад половина досліджених штамів також синтезували біомасу ефективніше, ніж *G. lucidum* 1904. Однак штами *G. carnosum* 2502 та *G. sinense* 2516 накопичували на 14%, а *G. oregonense* 2560 – на 30% меншу кількість біомаси, ніж штам *G. lucidum* 1904. *Ganoderma tsugae* 2024, 2566 та *G. applanatum* 1899 показали суттєво вищий рівень синтезу біомаси, ніж усі інші досліджені штами. Їхні показники за цим параметром були, відповідно, на 40, 30 та 35% вищими, ніж у *G. lucidum* 1904. Різниця між показниками біомаси штамів *G. tsugae* 1848, *G. resinaceum* 2477, 2503 та *G. lucidum* 1904 коливалась у межах 10% (рис. 1).

Штамова специфічність росту міцелію *G. tsugae* зберіглася і при використанні методу глибинного культивування. Накопичена біомаса міцелію *G. tsugae* 2024 була майже вдвічі більшою, ніж у *G. tsugae* 1848, проте лише на 12% вищою, ніж у *G. tsugae* 2566. Між штамми *G. resinaceum* не було різниці за показником накопичення біомаси як у поверхневому, так і глибинному методах культивування (рис. 1).

Отримані результати дають підставу вважати, що використання методу глибинного культивування є ефективнішим за метод поверхневого культивування для накопичення біомаси дослідженими штамми грибів роду *Ganoderma*. Виключенням є тільки штам *G. oregonense* 2560, на накопичення біомаси якого зміна методу культивування практично не вплинула (рис. 1).

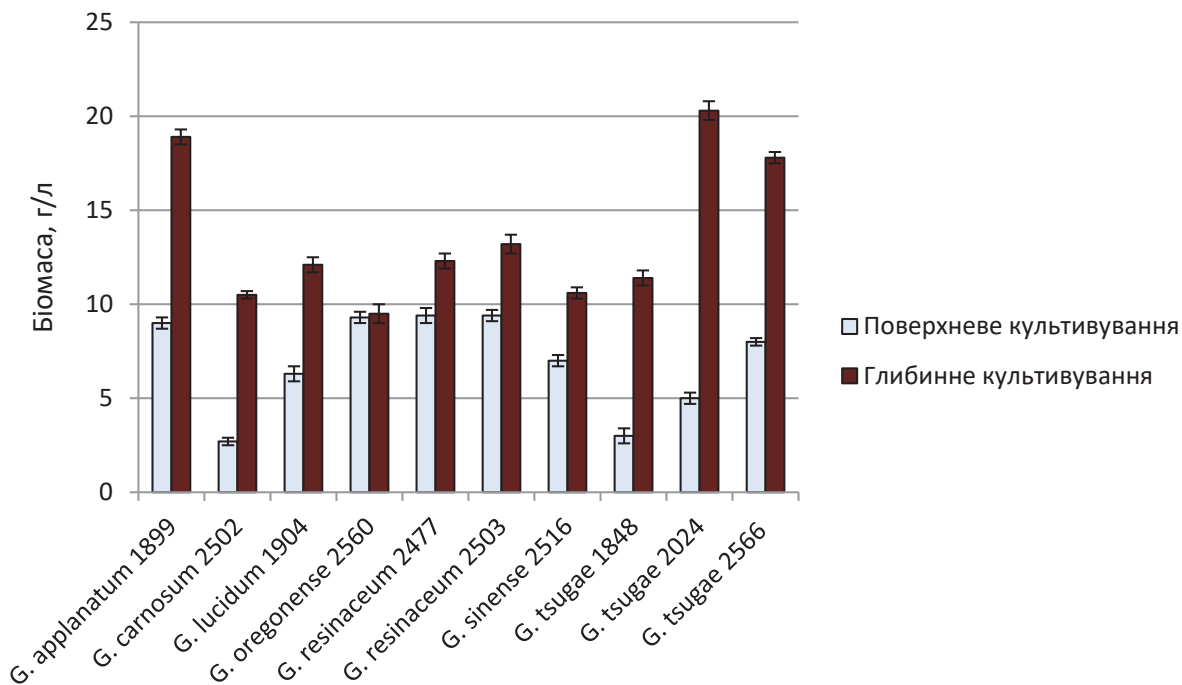


Рис. 1. Накопичення біомаси різними штамами та видами роду *Ganoderma* при поверхневому та глибинному культивуванні  
 Fig. 1. Biomass production by strains of the *Ganoderma* species in liquid static (light blue bars) and submerged (dark brown bars) cultivation

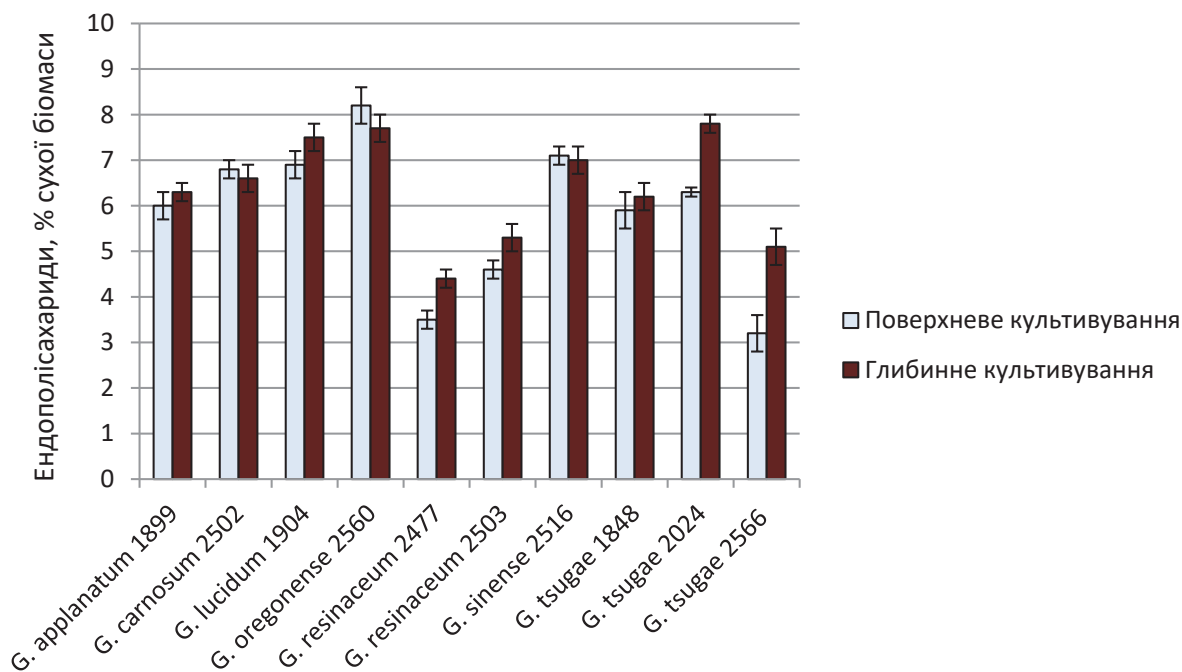


Рис. 2. Накопичення ендополісахаридів дослідженими штамами та видами роду *Ganoderma* при поверхневому та глибинному культивуванні  
 Fig. 2. Endopolysaccharides production by strains of the *Ganoderma* species in liquid static (light blue bars) and submerged (dark brown bars) cultivation

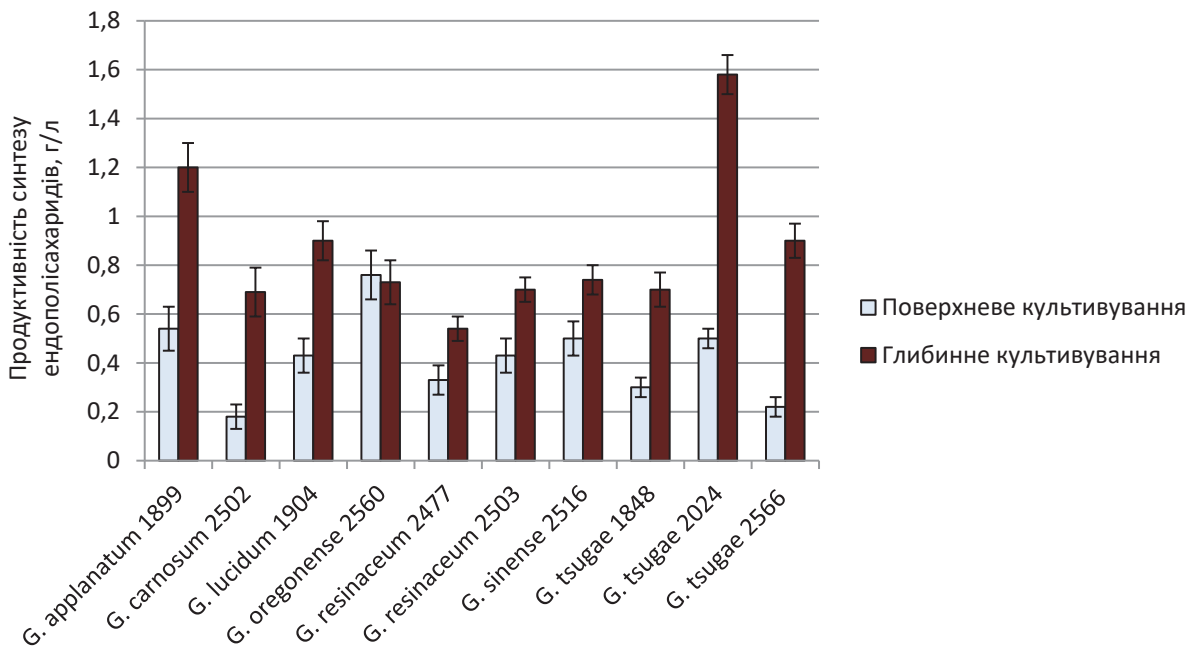


Рис. 3. Продуктивність синтезу ендополісахаридів дослідженими штамами та видами роду *Ganoderma* при поверхневому та глибинному культивуванні

Fig. 3. Yield of endopolysaccharides by strains of the *Ganoderma* species in liquid static (light blue bars) and submerged (dark brown bars) cultivation

Наші результати демонструють різний ступінь інтенсивності накопичення ендополісахаридів у досліджених штамів видів роду *Ganoderma* за умов поверхневого культивування на живильному середовищі ГПД (рис. 2). Показники вмісту ендополісахаридів у біомасі міцелію штамів *G. carnosum* 2502 та *G. sinense* 2516 були майже ідентичні вмісту ендополісахаридів у біомасі *G. lucidum* 1904. Лише у штаму *G. oregonense* 2560 кількість ендополісахаридів була на 16% більшою, ніж у *G. lucidum* 1904. Міцелій штамів *G. applanatum* 1899, *G. tsugae* 1848 та 2024 при поверхневому культивуванні накопичив майже однакову кількість ендополісахаридів, але на 13% нижчу, ніж у *G. lucidum* 1904. У той самий час штам *G. resinaceum* 2503 синтезував на 33%, а *G. resinaceum* 2477 та *G. tsugae* 2566 – на 50% менше ендополісахаридів, ніж штам *G. lucidum* 1904 (рис. 2).

Штамова специфічність культур *G. tsugae* зберіглася і за показником вмісту ендополісахаридів. Так, міцелій *G. tsugae* 2024 та 1848 синтезував їх майже вдвічі більше, ніж міцелій *G. tsugae* 2566. На відміну від процесів синтезу біомаси, штами *G. resinaceum* суттєво відрізнялися за кількістю накопичених речовин (рис. 2).

На другому етапі експерименту при глибинному культивуванні на середовищі ГПД було встановлено, що *G. tsugae* 2024 та *G. oregonense* 2560 накопичують найбільшу кількість ендополісахаридів порівняно з *G. lucidum* 1904. *Ganoderma sinense* 2516 накопичував на 10%, а *G. applanatum* 1899, *G. carnosum* 2502 та *G. tsugae* 1848 – на 20% менше внутрішньоклітинних полісахаридів, ніж *G. lucidum* 1904. Низькі показники вмісту ендополісахаридів при глибинному культивуванні продемонстрували штами *G. tsugae* 2566 та *G. resinaceum* 2503, 2477. Вони були на 30–44% нижчими, ніж у *G. lucidum* 1904.

Таким чином, при порівнянні методів поверхневого та глибинного культивування на вміст ендополісахаридів у біомасі досліджених штамів виявилось, що лише для чотирьох штамів (*G. tsugae* 2566, 2024, *G. resinaceum* 2503, 2477) він був достовірно вищим за умови глибинного культивування, а у штаму *G. oregonense* 2560 – поверхневого культивування. Встановлено, що між показниками вмісту ендополісахаридів у біомасі інших п'яти штамів чотирьох досліджених видів роду *Ganoderma* в умовах різних методів культивування достовірної різниці немає.

Дані щодо накопичення біомаси міцелію та ендополісахаридів штамами *G. carnosum* та *G. oregonense* при поверхневому та глибинному культивуванні на рідкому живильному середовищі ГПД наводяться нами вперше.

Варто зазначити, що продуктивність синтезу ендополісахаридів є суттєво вищою для переважної більшості штамів видів грибів роду *Ganoderma* при використанні методу глибинного культивування (рис. 3). Позитивний вплив перемішування рідкого живильного середовища на продуктивність синтезу ендополісахаридів штамами *G. lucidum* раніше відмічала Бабицька зі співавторами (Babitskaya et al., 2007).

Найвищу продуктивність синтезу ендополісахаридів (1,58 г/л) демонстрував штам *G. tsugae* 2024 при глибинному культивуванні на ГПД-середовищі, що на 40% більше за продуктивність *G. lucidum* 1904. Досить високий показник продуктивності був також у *G. applanatum* 1899 – на 25% вищий, ніж у *G. lucidum* 1904 (рис. 3).

Аналіз отриманих даних дає можливість стверджувати, що метод глибинного культивування міцелію для підвищення продуктивності ендополісахаридів у всіх досліджених штамів видів роду *Ganoderma* (окрім *G. oregonense* 2560) є значно ефективнішим за метод поверхневого культивування.

## Висновки

Уперше наводяться дані щодо накопичення біомаси міцелію та ендополісахаридів штамами *G. carnosum* та *G. oregonense* при поверхневому та глибинному культивуванні на рідкому живильному середовищі ГПД.

Доведена вища ефективність використання методу глибинного культивування міцелію грибів роду *Ganoderma* для отримання біомаси та продуктивності ендополісахаридів у всіх досліджених видів та штамів, окрім *G. oregonense* 2560. Відмічено, що при глибинному способі культивування вміст ендополісахаридів суттєво збільшується у міцелії чотирьох досліджених штамів грибів роду *Ganoderma* (*G. tsugae* 2566, 2024, *G. resinaceum* 2503, 2477).

Найефективнішим за накопиченням біомаси та продуктивністю синтезу ендополісахаридів виявився штам *G. tsugae* 2024 за умов методу глибинного культивування.

На прикладі штамів видів *G. tsugae* та *G. resinaceum* було показано, що різні штами одного виду можуть суттєво відрізнятися за кількісним вмістом ендополісахаридів при використанні як поверхневого, так і глибинного методів культивування.

## Список посилань

- Al-Maali G.A. 2016. The influence of the metal citrates, obtained using aquanotechnology, on the biology of *Ganoderma lucidum* (Curtis) P.Karst. and *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. in culture: Cand. Sci. Diss. Kyiv, M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine, 185 pp. (manuscript). [Аль-Маалі Г.А. 2016. Вплив цитратів металів, отриманих методом аквананотехнології на біологію *Ganoderma lucidum* (Curtis) P.Karst. і *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. у культурі: дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка". Київ, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 185 с. (рукопис)].
- Al-Maali G.A., Bisko N.A., Ostapchuk A.N. 2016. The effect of zinc citrate and zinc sulfate on the growth and biomass composition of medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*. *Mikologiya i Fitopatologiya* [Микологія і фунготологія], 50(5): 313–317.
- Babitskaya V.G., Shcherba V.V., Puchkova T.A., Smirnov D.A., Bisko N.A., Poedinok N.L. 2007. *Biotechnologia*, 6: 34–41. [Бабицька В.Г., Щерба В.В., Пучкова Т.А., Смирнов Д.А., Бисько Н.А., Поєдинок Н.Л. 2007. Влияние условий глубинного культивирования лекарственного гриба *Ganoderma lucidum* на образование полисахаридов. *Биотехнология*, 6: 34–41].
- Belova N.V. 2016. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 1(1): 111–114. [Белова Н.В. 2016. Ланостановые тритерпеноиды и стероиды высших грибов. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 1(1): 111–114].
- Bisko N.A., Babitskaya V.G., Buchalo A.S., Krupodorova T.A., Lomberg M.L., Mychaylova O.B., Puchkova T.A., Solomko E.F., Shcherba V.V. 2012. *Byolohycheskye svoystva lekarstvennykh makromysetov v culture* (Biological properties of medicinal macromycetes in pure culture), vol. 2. Ed. S.P. Wasser. Kiev: Alterpress, 459 pp. [Бисько Н.А., Бабицька В.Г., Бухало А.С., Круподерова Т.А., Ломберг М.Л., Михайлова О.Б., Пучкова Т.А., Соломко Э.Ф., Щерба В.В. 2012. *Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре*, т. 2. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 459 с.].
- Bisko N.A., Lomberg M.L., Mytropolska N.Yu., Mychaylova O.B. 2016. *Kolektsiya kultur shapynkovykh hrybiv* (IBK) (The IBK Mushroom Culture Collection). Kyiv: Alterpress, 120 pp. [Бисько Н.А., Ломберг М.Л., Митропольська Н.Ю., Михайлова О.Б. 2016. *Коллекция культур шапинковых грибов* (IBK). Київ: Альтерпрес, 120 с.].
- Boh B., Berovic M., Zhang J.-S., Lin Z.-B. 2007. *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds.

- Biotechnology Annual Review*, 13: 265–267. [https://doi.org/10.1016/s1387-2656\(07\)13010-6](https://doi.org/10.1016/s1387-2656(07)13010-6)
- Boromenskyi D.O., Bisko N.A. 2019. Micromorphological features of species of *Ganoderma* (*Ganodermataceae*) in pure culture. *Ukrainian Botanical Journal*, 76(6): 486–492. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.06.486>
- Buchalo A.S., Babitskaya V.G., Bisko N.A., Wasser S.P., Dudka I.A., Mitopolskaya N.Yu., Mykchaylova O.B., Negreyko A.M., Poyedinok N.L., Solomko E.F. 2011. *Vyolohycheskye svoystva lekarstvennykh makromysetov v culture (Biological properties of medicinal macromycetes in pure culture)*, vol. 1. Ed. S.P. Wasser. Kiev: Alterpress, 212 pp. [Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А., Вассер С.П., Дудка И.А., Митропольская Н.Ю., Михайлова О.Б., Негрейко А.М., Поединок Н.Л., Соломко Э.Ф. 2011. *Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре*, т. 1. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 212 с.]
- Ferreira I.C.F.R., Heleno S.A., Reis F.S., Stojkovic D., Queiroz M.J.R.P., Vasconcelos M.H., Sokovic M. 2015. Chemical features of *Ganoderma* polysaccharides with antioxidant, antitumor and antimicrobial activities. *Phytochemistry*, 114: 38–55. <https://doi:10.1016/j.phytochem.2014.10.011>
- Lee W.Y., Park Y., Ahn J.K., Ka K.H., Park S.Y. 2007. Factors influencing the production of endopolysaccharide and exopolysaccharide from *Ganoderma applanatum*. *Enzyme and Microbial Technology*, 40(2): 249–254. <https://doi:10.1016/j.enzmictec.2006.04.009>
- Leung S.W.S. 2002. In: *Perspectives. Proceedings of International Symposium on Ganoderma Research*. Shanghai, pp. 1–9.
- Mizuno T., Wang G., Zhang J., Kawagishi H., Nishitoba T., Li J. 1995. Reishi, *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma tsugae*: bioactive substances and medicinal effects. *Food Reviews International*, 11(1): 151–166. <https://doi.org/10.1080/87559129509541025>
- Vedenicheva N.P., Al-Maali G.A., Bisko N.A., Mytropolska N.Yu. 2018. Comparative analysis of cytokinins in mycelial biomass of medicinal mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 20(9): 837–847. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018027797>
- Wagner R., Mitchell D.A., Sasaki G.L., Lopes de Almeida Amazonas M.A., Berovič M. 2003. Current techniques for the cultivation of *Ganoderma lucidum* for the production of biomass, ganoderic acid and polysaccharides. *Food Technology and Biotechnology*, 41(4): 371–382.
- Wasser S.P. 2010. Medicinal mushrooms science: history, current status, future trends and unsolved problems. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 12(1): 1–16.
- Wasser S.P. 2014. Medicinal mushroom science: current perspectives, advances, evidences, and challenges. *Biomedical Journal*, 37(6): 345–356. <https://doi.org/10.4103/2319-4170.138318>
- Wei Z., Duan Y., Qian Y., Guo X., Li Y., Jin S., Zhou X., Shan S., Wang C. Chen X., Zheng Y., Zhong J. 2014. Screening of *Ganoderma* strains with high polysaccharides and ganoderic acid contents and optimization of the fermentation medium by statistical methods. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37(9): 1789–1797. <https://doi.org/10.1007/s00449-014-1152-2>

Рекомендує до друку М.М. Сухомлин





---

**Український ботанічний журнал. 2020 • 77 • 2.** Національна академія наук України. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного. Науковий журнал. Заснований у 1921 р. Виходить один раз на два місяці (українською, англійською та російською мовами). Головний редактор С.Л. Мосякін

Затверджено до друку вченою радою Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
(протокол № 6 від 21 квітня 2020 року)

Реєстраційне свідоцтво серії КВ № 12179-1063ПР від 11.01.2007 р.

Редактор *О.В. Пилипенко*  
Технічний редактор *О.Є. Бондаренко*  
Комп'ютерна верстка *Д.С. Решетников*

---

Формат 84×108/16. Ум.-друк. арк. 9,0. Обл.-вид. арк. 11,5. Тираж 176 прим. Зам. №

---

Віддруковано ВД "Академперіодика" НАН України  
вул. Терещенківська, 4, Київ 01004  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001

