

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



UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

Founded 1921

A journal for botany & mycology

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2021 • 78 (5)



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 та огляди, 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, Новини та дискусії, Ювілейні дати, Втрати науки, Рецензії та новини літератури.*

Статті друкуються українською та англійською 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 and Reviews, 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 and English

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ EDITORIAL BOARD

Головний редактор – Сергій Л. МОСЯКІН

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

Дірк К. АЛЬБАХ (Німеччина), Соломон П. ВАСЦЕР,

Філіп ВЕРЛООВ (Бельгія), Василь П. ГЕЛЮТА,

Зігматас ГУДЖИНСКАС (Литва),

Пітер Дж. де ЛАНГЕ (Нова Зеландія),

Яків П. ДІДУХ, Дмитро В. ДУБИНА, Олена К. ЗОЛОТАРЬОВА,

Сергій Я. КОНДРАТЮК, Єлизавета 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. АЛЕЙНИКОВА

Editor-in-Chief – Sergei L. MOSYAKIN

Associate Editors – Ganna V. BOIKO
Vera P. HAYOVA

Dirk C. ALBACH (Germany), Illya I. CHORNEY,

Peter J. de LANGE (New Zealand), 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: Угрупування асоціації ялинового лісу сибірськоялівцево-чорнищевого – *Piceetum (abietis) juniperoso (sibiricae) vaccinosum (myrtilli)*. Національний природний парк "Синевир" (див. статтю Дубина та ін. на стор. 335–346 у цьому номері)
Фото © Д. Дубина

Front page: Plant community of the association *Piceetum (abietis) juniperoso (sibiricae) vaccinosum (myrtilli)*. Synevyr National Nature Park, Transcarpathian Region, Ukraine (see Dubyna et al. on pages 335–346 in this issue)
Photo by © D. Dubyna

Редакція "Українського ботанічного журналу"
✉ Інститут ботаніки НАН України
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

+380 44 235 4182
secretary_ubzh@ukr.net
<https://ukrbotj.co.ua>

УКРАЇНСЬКИЙ 2021 • 78 • 5 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. *Lagenophora schmidiae* (Asteraceae), критично загрожений новий вид з Аотearoa / Нової Зеландії319

Гриби і грибоподібні організми

Лата, Атрі Н.С. Профіль жирних кислот автохтонного штаму *Lentinus sajor-caju* (Basidiomycota)327

Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу

Дубина Д.В., Устименко П.М., Ткаченко В.С., Попович С.Ю., Вакаренко Л.П. 35 років Зеленої книзі України: історія, проблеми, рішення335

Кордюм Є.Л., Дубина Д.В. Роль епігенетичної регуляції в адаптивній пластичності рослин347

Червона книга України

Шевчик В.Л., Соломаха І.В. Нова знахідка *Carex bohemica* (Cyperaceae) на Київщині (Україна)360

Ткаченко Ф.П., Придюк М.П. Нова знахідка рідкісного гриба *Hericiium erinaceus* (Russulales) в Україні365

CONTENTS

Plant Taxonomy, Geography and Floristics

de Lange P.J., Wang J. *Lagenophora schmidiae* (Asteraceae), a critically threatened new species from Aotearoa / New Zealand.....319

Fungi and Fungi-like Organisms

Lata, Atri N.S. Fatty acid profile of an indigenous strain of *Lentinus sajor-caju* (Basidiomycota)327

Vegetation Science, Ecology, Conservation

Dubyna D.V., Ustymenko P.M., Tkachenko V.S., Popovych S.Yu., Vakarenko L.P. 35 years of the *Green Data Book of Ukraine*: history, problems, and solutions335

Kordyum E.L., Dubyna D.V. The role of epigenetic regulation in adaptive phenotypic plasticity of plants347

Red Data Book of Ukraine

Shevchyk V.L., Solomakha I.V. A new find of *Carex bohémica* (Cyperaceae) in Kyiv Region (Ukraine)360

Tkachenko F.P., Prydiuk M.P. 2021. A new record of the rare fungus *Hericium erinaceus* (Russulales) in Ukraine365



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.319>

RESEARCH ARTICLE

Lagenophora schmidiae (Asteraceae), a critically threatened new species from Aotearoa / New Zealand

Peter J. de LANGE^{1*} , Jian WANG² 

¹Unitec Institute of Technology, School of Environmental & Animal Sciences, Private Bag 92025, Victoria Street West, Auckland 1142, New Zealand

²Queensland Herbarium, Department of Environment and Science, Brisbane Botanic Gardens, Mt Coot-tha Road, Toowong, Queensland 4066, Australia

Abstract. *Lagenophora schmidiae* de Lange & Jian Wang ter sp. nov. (Asteraceae) is described, illustrated and differentiated from *L. montana* Hook.f. The new species was first recorded from Aotearoa / New Zealand in 1974, when it was identified as *L. montana*. This relatively recent recognition reflects in part the fact that the new species is extremely uncommon, and has often been confused with the superficially similar *L. barkeri* Kirk, with which it often grows. A conservation status for *L. schmidiae* of ‘Threatened / Nationally Critical’ using the New Zealand Threat Classification System is proposed, as the new species is known only from small populations, many of which are threatened by alien weed invasion.

Keywords: Aotearoa / New Zealand flora, Asteraceae, Astereae, *Lagenophora*, *Lagenophora barkeri*, *Lagenophora montana*, *Lagenophora schmidiae*, new species, taxonomy

Article history. Submitted 23 August 2021. Revised 11 October 2021. Published 29 October 2021

Citation. de Lange P.J., Wang J. 2021. *Lagenophora schmidiae* (Asteraceae), a critically threatened new species from Aotearoa / New Zealand. *Ukrainian Botanical Journal*, 78(5): 319–326. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.319>

*Corresponding author (e-mail: p.delange@unitec.ac.nz)

Introduction

Lagenophora Cass., nom. et orth. cons. (Asteraceae) is a genus of ca. 25 species (Wang, Bean, 2019), with nine species accepted for Aotearoa / New Zealand (Allan, 1961; de Lange, Rolfe, 2010; Breitwieser et al., 2012). Of the Aotearoa / New Zealand species, six are now considered endemic following the merger of *Lagenophora lanata* A.Cunn. into *L. sublyrata* (Cass.) A.R.Bean & Jian Wang ter (Wang, Bean, 2019). Three species, *Lagenophora montana* Hook.f., *L. stipitata* (Labill.) Druce, and *L. sublyrata*, are considered indigenous being shared with Australia, and in the case of *L. sublyrata*, Australia, southern Asia (China, India, Sri Lanka), south-east Asia (Thailand), and Malesia (Java, New Guinea).

Of these three, one species, treated by Drury (1974) as *Lagenifera* [sic] *montana*, is an extremely uncommon plant that was first collected from the wild in Aotearoa / New Zealand in 1929 by Kenneth Willway Allison (1894–1976), a ‘Forester’, ‘District Ranger’ generic botanist and bryologist, who lived variously around Atiamuri, Rotorua, Waipoua in Te Ika a Maui / North Island and Dunedin, Te Wai Pounamu / South Island working for much of his life with the then New Zealand Forest Service (Macmillan, 1978).

Based on his herbarium annotations, Drury was initially uncertain of the identity of Allison's collections and other specimens collected by A.P. Druce for his *Lagenifera* [sic] treatment. However, on further consideration he eventually placed them in the Australian

© 2021 P.J. de Lange, J. Wang. 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

Lagenophora [as *Lagenifera*] *montana*. That species was described by Joseph Dalton Hooker (Hooker, 1847) from specimens collected on 11 January 1837, from Circular Head, Tasmania, by resident public servant (various posts), politician and botanist Ronald Gunn (1808–1881) (Burns, Skemp, 2021) (Lectotype: *R. Gunn* 832, K000890122; *vide* Cabrera, 1966). In their treatment of the Australian *Lagenophora*, Wang and Bean (2019) accepted a re-circumscribed *L. montana* from Tasmania and south-eastern Australia (South Australia, Victoria, Australian Capital Territory, and New South Wales), and they followed Drury (1974) and de Lange et al. (2010) in accepting that the species is also found in Aotearoa / New Zealand.

However, following the publication by Wang and Bean (2019) the senior author (P.J. de Lange) queried Jian Wang as to whether Aotearoa / New Zealand *Lagenophora montana* plants were correctly placed taxonomically, citing differences in their leaf shape, growth habit, and capitulum characters. Subsequent study of Aotearoa / New Zealand plants identified as *Lagenophora montana* confirmed that those plants were not conspecific with Australian *L. montana* but rather represented an undescribed, endemic species, which is here described as *L. schmidiae*.

Materials and Methods

This study is based on morphological examination of *Lagenophora* material from the following herbaria: AK, BRI, CANU, CANB, CHR, HO, MEL, and NSW. All measurements are based on dried material, except the dimensions of florets, which are based on material reconstituted with boiling water. Dimensions of measurements are inclusive, i.e. 1.0–1.7 is given as 1–1.7.

Taxonomy

Lagenophora schmidiae de Lange & Jian Wang *ter* sp. nov.

Type: AOTEAROA / NEW ZEALAND, Te Ika a Maui / North Island, South Auckland, near Atiamuri, 19 January 1929, *K.W. Allison s.n.* (holotype: MEL2067499 !; isotype CHR333534 [n.v.]).

Diagnosis: *Lagenophora schmidiae* resembles *L. montana* Hook.f., but differs in the long petiole (usually obvious and longer than lamina; petiole usually

not obvious and shorter than lamina for *L. montana*), shorter ligule (1.8–2.0 × 0.3–0.4 mm c.f. 2.8–3.8 × 0.4–0.6 mm in *L. montana*) and longer cypsela beak ((0.5–) 0.6–1.1 mm long c.f. 0.2–0.4 mm in *L. montana*); also differs by the evenly distributed glands along both dorsal and ventral edges of the cypsela (rather than unevenly distributed glands along both dorsal and ventral edges of the cypsela or *L. montana*, i.e. fewer glands on ventral edge). Also similar to *L. barkeri* Kirk with which it often grows. *Lagenophora barkeri* differs from *L. schmidiae* by the coarsely serrate to crenate-serrate, rather than entire, sinuate-dentate to sparingly dentate, oblong rather than obovate, oblanceolate, or elliptical, leaf blades whose surfaces are conspicuously covered in bristly hairs, rather than seemingly glabrous (bearing sparse, appressed hairs).

Description [Fig. 2, A–E] Perennial rhizomatous herb. Roots fibrous and wiry, deeply descending, 0.5–1.0 mm diameter; rhizomes spreading through soil, up to 8 cm long. Stems erect and elongated with leaves loosely attached. Leaves 4–8 per stem, alternate along stem; petioles slender (with winged bases), 10–17 × 0.4–0.6 mm; lamina obovate, oblanceolate or elliptical, 8–14 × 4–6 mm, base attenuate, apex obtuse often with midrib extending as a minute apiculus 0.1–0.2 mm long; leaf margins denticulate, occasionally entire or with 4–6 minute teeth, each tooth 0.2–0.4 mm long; adaxial surface bright green, abaxial surface lighter green, both surfaces glabrescent or finely, sparingly hairy, sericeous especially on the margins, hairs c. 0.1 mm long, translucent, patent; lateral veins obscure on dried material on both surfaces. Scapes terete, 1 per tuft, finely channelled, green with base sometimes tinged maroon, up to 140 mm long, 0.4–0.6 mm wide at anthesis, slightly longer at fruiting stage, glabrous in lower third to two-thirds otherwise finely hairy near or below capitulum; hairs c. 0.1 mm long, appressed, antrorse; bracts 1–2(–3), pale green, 1(–1.5) mm long, 0.2–0.4 mm wide, narrowly lanceolate, to deltoid, glabrous or occasionally furnished with a few minute, white, appressed, antrorse hairs. Capitula 2.5–3.5 mm long, 4–7 mm diameter; involucre bracts 31–48(–58) in 4–5 rows, the out 2(–3) rows initially widely and unevenly spaced, the uppermost row ±forming an open, widely-spaced whorl, bracts deltoid, 1.0–1.3 × 0.25–0.4 mm, glabrous, greenish, with stout midrib, erect or weakly spreading with upper third partially recurved, margins entire, upper third finely dentate, teeth greenish or maroon/purple, up to 6 either side, not paired, uneven and unequally spaced; the bracts of inner 2(–3) series, oblong, apex subacute to obtuse, with prominent



Fig. 1. Holotype of *Lagenophora schmidiae* de Lange & Jian Wang ter (MEL2067499). Reproduced with permission from the Royal Botanic Gardens Victoria



Fig. 2. *Lagenophora schmidiae* de Lange & Jian Wang ter. A: habitat of plants growing in damp, shaded ground within frost flat, Hauhungaroa Range, near upper Kuratau River bridge; B: *L. schmidiae* rosette and foliage, Hauhungaroa Range, near upper Kuratau River bridge; C: Mature capitulum, Hauhungaroa Range, near upper Kuratau River bridge; D: Capitulum (pressed specimen, P.J. de Lange 5746, AK284561), Hauhungaroa Range, near upper Kuratau River bridge; E: Achene (pressed specimen, P.J. de Lange 5746, AK284561), Hauhungaroa Range, near upper Kuratau River bridge (images: A–C, J.R. Rolfe; D, E, P.J. de Lange)

midrib, ±glabrous except for margins; margins ciliate in distal third, cilia purple, with globular apices, 1.9–2.5 × 0.5–0.6 mm. Receptacle convex, 0.8–1.5 mm diameter and 0.4–0.5 mm high. Ray florets 30–50 in 2(–3) rows; tube 0.48–0.6 × 0.2–0.25 mm, ±glandular hairy; style branches initially white, maturing cream with maroon-tinged apices, 0.5–0.8 mm long; ligules 1.8–2.0 × 0.3–0.4 mm with 1(–3) longitudinal obscure veins, tightly coiled when mature (like most other species in the genus), white, often tinged mauve, apex obtuse, or notched. Disc florets 16–20(–22), corolla tubular, 1.0–1.5 mm long, cream, outer surface sparsely furnished with short glandular hairs, lobes 5, deltate, 0.4–0.5 × 0.2–0.4 mm, apices maroon or pink; stamens 5, 0.8–1.0 mm long (anthers c. 0.4 mm long, filament c. 0.3 mm long); style branches, white, apices tinged maroon, 0.4–0.5 mm long; ovary sterile, 0.8–1.4 mm long. Cypselas narrowly obovate-elliptic to obovate, compressed, 1.7–1.9 × 0.6–0.7 mm excluding beak; apex rounded to beak; base cuneate; margins with an obtuse rib; surface orange-brown, red-brown to purple-brown at maturity, with a light yellow margin, glabrous throughout; glands densely and evenly scattered along both dorsal and ventral margins, denser on beak and toward basal areas of both faces; beak (0.5–) 0.6–1.1 mm long, densely covered with glands, with a white annular collar at its apex, c. 0.2 mm diameter.

Representative specimens: Aotearoa / New Zealand. Te Ika a Maui / North Island. Kaimanawa Mountains, Lake Horotea, *A.P. Druce s.n.*, Dec 1946, CHR116310; Maungaharuru Range, near Kopua, *A.P. Druce s.n.*, Dec 1970, CHR216952; Puketitiri, Balls Clearing, *A.P. Druce s.n.*, Mar 1972, CHR246135; Kaimanawa Mountains, Ngamatea, *A.P. Druce s.n.*, Jan 1976, CHR279434; Central Volcanic Plateau Ecological Region, Taupo Ecological District, Hauhungaroa Range, near upper Kuratau River bridge, *C.E. Ecroyd s.n.*, 18 Mar 1993, CHR486802; Cultivated at Taumarunui-Kuratau Road, near Kuratau River (Moerangi Settlement). Te Wai Pounamu, South Island. North west Nelson, Kahurangi National Park, Goulund Downs, *A.P. Druce s.n.*, 1969, CHR197023; Canterbury, Cass, Lake Sarah, *S.J. Wagstaff & G. Sancho 7277*, 6 Feb 2008, CHR605087 (note this is a mixed collection of *Lagenophora schmidiae* and probably *L. barkeri*); Southland, Te Anau, *C.J. Burrows s.n.*, 1971, CANU14652. Ex. Cultivated. King Country Ecological Region, Taumarunui Ecological District, Hauhungaroa Range, near Kuratau River (Moerangi Settlement), *P.J. de Lange 5746*, 5 Nov 2003, AK284561.

Distribution and habitat: Endemic to New Zealand (Fig. 3) where it has been recorded [as *L. montana*] from

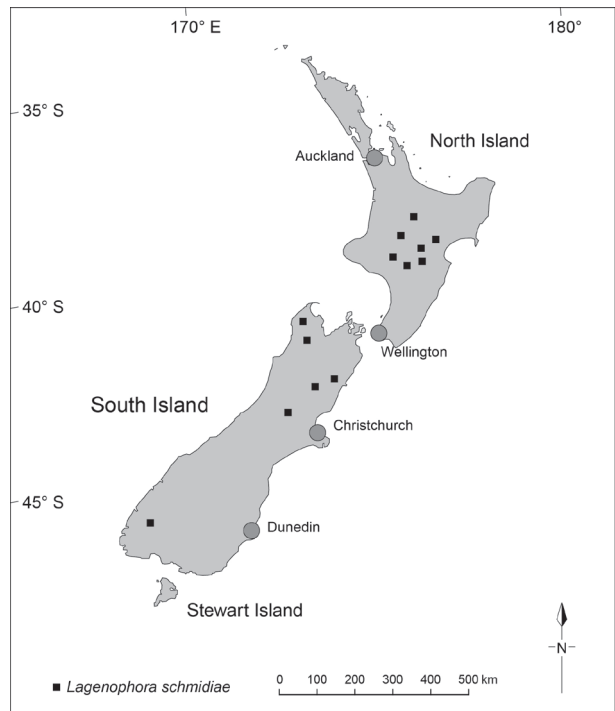


Fig. 3. Distribution of *Lagenophora schmidiae* (black circles), Aotearoa / New Zealand

lowland to alpine situations (from 260–920 m a.s.l.) from the central North Island, and from scattered stations in the north-western, eastern and south-western South Island (Drury, 1974; de Lange et al., 2010). Within that range *Lagenophora schmidiae* occupies a diverse range of wetland habitats including seeps, cushion bogs, swamps, lake and tarn margins, wet tussock grassland and stream banks, or damp, shaded rock shelves amongst mosses (de Lange et al., 2010; de Lange, 2021).

Phenology: Flowering (October–) November to February (–April). Fruits mainly from December to March, occasionally as late as June.

Affinities: *Lagenophora schmidiae* is putatively closely related to the parapatric Australian endemic *L. montana*, from which it differs most obviously in the petiole which is usually longer than lamina (petiole is usually shorter than lamina for *L. montana*), smaller ligule (1.8–2.0 × 0.3–0.4 mm for *L. schmidiae*, 2.8–3.8 × 0.4–0.6 mm for *L. montana*), longer cypselas beak (0.6–1.1 mm for *L. schmidiae*, 0.2–0.4 mm for *L. montana*), and the narrower cypselas body (0.6–0.7 mm for *L. schmidiae*, 0.8–1.0 mm for *L. montana*). The gland distribution of the cypselas is also different. Glands are densely and evenly scattered along both dorsal and ventral margins

for *L. schmidiae*, while they are unevenly scattered along both dorsal (more glands) and ventral (significantly less glands) margins of both surfaces for *L. montana*.

Another species with a superficial similarity to *Lagenophora schmidiae* is *L. barkeri* (Drury, 1974), also an Aotearoa / New Zealand endemic which grows in similar habitats, sometimes sympatrically. *Lagenophora barkeri* differs from *L. schmidiae* by the leaf blades which are oblong rather than obovate, oblanceolate or elliptical, and whose surfaces are conspicuously covered in bristly hairs, rather than seemingly glabrous (bearing sparse, appressed hairs). The lamina margin of *L. barkeri* is coarsely serrate, to crenate-serrate rather than entire, sinuate-dentate to sparingly dentate as in *L. schmidiae*. Another key difference is the absence of glandular hairs on the adaxial margin of the achenes of *L. barkeri*. Drury (1974) noted that the ligules of the ray florets of *Lagenophora* (as *Lagenifera*) *barkeri* are white, whereas those of *L. montana* are pinkish, mauve or purple, colours we have not seen in plants referred to here as *L. schmidiae* whose ligules are white, but which are reported for *L. montana* s.s. in Australia (Walsh, Entwistle, 1999; Wang, Bean, 2019).

Conservation status: *Lagenophora schmidiae*, is, in the words of one of the most experienced current field botanists of Aotearoa / New Zealand, Shannel Courtney (pers. comm., 17 August 2021), "an enigmatic beast in my book – all of the possibles [sic] turn out to be *L. barkeri*. Quite concerning, as there appears to be so few records of this species nationally. Difficulty of identification may be some of the reason, but that doesn't account for the lack of collections generally, even if mis-identified".

This view is reflected in the current conservation status for the species which was as *L. montana* assessed by the New Zealand Indigenous Vascular Plant Threat Listing Panel as 'Threatened / Nationally Critical'. Those authors cited the threat classification pathway for that status as 'A3' [i.e., total area of occupancy estimated at ≤ 1 ha (0.01 km²)], qualified 'DP' [Data Poor], 'SO' [Secure Overseas], Sp [Sparse] (de Lange et al., 2018) using the New Zealand Threat Classification System (NZTCS) (Townsend et al., 2008). This is the highest conservation status possible, reflecting that *L. schmidiae* is not only an extremely uncommon, biologically sparsely distributed plant with seemingly naturally small populations but also at serious risk of extinction. Currently, the species is represented in Aotearoa / New Zealand herbaria by 20 sheets, representing 11 localities, six from Te Ika a Maui / North Island locations and five from Te Wai Pounamu / South Island. There is also one reliable observation, made

in the last 1980s but seemingly unsupported by herbarium evidence from the Upper Hope River (Buller Catchment), in the north-western portion of Te Wai Pounamu / South Island (S.P. Courtney, pers. comm., 17 August 2021). While, as of 18 August 2021, there has only been one record of this species reported on iNaturalist NZ (<https://inaturalist.nz/observations/85017610>), that of a single plant observed from the Kutaroa portion of the extensive Raketepauma wetland, administered by Ngati Rangi located south of Waiouru in 2012 (N. Singers, pers. comm., 18 August 2021).

Of the herbarium records, all but three, made in 1985, 1993 and 2019, were collected before 1972 (3, Te Ika a Maui / North Island; 5, Te Wai Pounamu / South Island). Field surveys of many of these locations have failed to confirm extant populations, and, at the time of writing (18 August 2021), *Lagenophora schmidiae* is only reliably known from two extant locations, one near the Kuratau (Te Ika a Maui / North Island), and one from the Lake Sarah area (Te Wai Pounamu / South Island). In both locations the combined population area of occupancy is < 1 ha, and at these locations the species is threatened by weed invasion from a range of naturalised alien plants including species of *Pilosella* Vaill., exotic pasture grasses (*Festuca* L., *Poa* L.) and species of *Juncus* L. This updated data does not change the current threat status except that with the change in biostatus from an indigenous species (as *Lagenophora montana*) to a newly recognised endemic *L. schmidiae*, the qualifier 'SO' [Secure Overseas] is now wrong. Similarly, with the adjustment of the qualifiers used in the NZTCS, the qualifier 'DP' [Data Poor] needs adjustment to reflect the new qualifiers now in use for what has simply been 'DP' (Rolfe et al., 2019). *Lagenophora schmidiae* we believe qualifies for 'DPR' [Data Poor: Recognition] because the more common, and superficially, morphologically similar *L. barkeri* is frequently confused for *L. schmidiae* (see above); 'DPS' [Data Poor: Size], as there is no reliable information available on the numbers of plants in the wild; and finally, 'DPT' [Data Poor: Trend] due to the lack of trend data available for this species.

Etymology: This species is named for Ms Luzie Schmid (1999–) from Regensburg, Bavaria, Germany. Luzie is so honoured here for her assistance with field work on this species and other indigenous Aotearoa / New Zealand taxa, notably *Leptospermum* J.R.Forst. & G.Forst. and, also, with the analysis of *Lagenophora* specimens used in this study and held in Aotearoa / New Zealand herbaria.

Key to *Lagenophora barkeri*, *L. montana* and *L. schmidiae*

1. Petiole usually shorter than lamina, ligules mauve, yellow or rarely cream; glands unevenly distributed along both dorsal and ventral edges of the cypsela (fewer glands on ventral edge), Australian endemic *L. montana*
– Petiole equal to or longer than lamina, ligules white or sometimes cream; glands evenly distributed along both dorsal and ventral edges of the cypsela, New Zealand endemics 2
2. Leaves oblong, margins coarsely serrate to crenate-serrate, lamina surfaces conspicuously bristly hairy; ligules more than 2.5 mm long *L. barkeri*
– Leaves obovate, oblanceolate, or elliptical, margins entire, sinuate-dentate to sparingly dentate, lamina surfaces seemingly glabrous (bearing sparse, appressed hairs); ligules up to 2 mm long, *L. schmidiae*

Acknowledgements

We are grateful for advice and comments received from Shannel Courtney, Jeremy Rolfe, and Nicholas Singers, regarding wild occurrences and the conservation status of *Lagenophora schmidiae*. We thank Pina Milne (MEL) for granting permission to make an image of the holotype for this paper. Luzie Schmid participated in field work and the analysis of *Lagenophora* specimens. As always, we appreciate the support of the Directors and Curators of AK, BRI, CANB, CANU, CHR, HO, MEL, and NSW for providing loan specimens, and especially Yumiko Baba and Ewen Cameron (AK) for providing a working space for the senior author and ongoing support and encouragement in these difficult days of the ongoing SARS-CoV-2 global pandemic. Jeremy Rolfe gave permission to use his images of *Lagenophora schmidiae* and prepared the plate (Fig. 1) and distribution map (Fig. 2). Useful comments of two anonymous reviewers are greatly appreciated.

References

- Allan H.H. 1961. *Flora of New Zealand*, vol. 1. Wellington: P.D. Hasselberg, Government Printer, liv + 1083 pp.
- Breitwieser I., Brownsey P.J., Garnock-Jones P.J., Perrie L.R., Wilton A.D. 2012. Phylum *Tracheophyta* – vascular plants,

pp. 411–459. In: Gordon D.P. (Ed.) *New Zealand inventory of biodiversity*, vol. 3: Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi. Christchurch: University of Canterbury Press, 616 pp.

- Burns T.E., Skemp J.R. 2021. Gunn, Ronald Campbell (1808–1881). In: *Australian Dictionary of Biography, National Centre of Biography, Australian National University*. Available at: <https://adb.anu.edu.au/biography/gunn-ronald-campbell-2134/text2709>, published first in hardcopy 1966 (Accessed 18 August 2021).
- Cabrera A.L. 1966. The genus *Lagenophora* (*Compositae*). *Blumea*, 14: 285–308.
- de Lange P., Heenan P.B., Norton D., Rolfe J., Sawyer J. 2010. *Threatened plants of New Zealand*. Christchurch: University of Canterbury Press, 471 pp.
- 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. Department of Conservation, Wellington, 82 p.
- de Lange P.J. 2021. *Lagenophora montana* Fact Sheet (content continuously updated). New Zealand Plant Conservation Network. Available at: <https://www.nzpcn.org.nz/flora/species/lagenophora-montana/> (Accessed 13 August 2021).
- Drury D.G. 1974. A broadly based taxonomy of *Lagenifera* section *Lagenifera* and *Solenogyne* (*Compositae*–*Astereae*), with an account of their species in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 12(3): 365–395. <http://doi.org/10.1080/0028825X.1974.10428875>
- Hooker J.D. 1847. *Florae Tasmaniae Spicilegium*; or, Contributions towards a Flora of Van Diemen's Land. *London Journal of Botany*, 6: 106–125.
- Macmillan B.H. 1978. Kenneth Willway Allison 1894–1976. *New Zealand Journal of Botany*, 16(1): 169–172. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1978.10429673>
- Rolfe J.R., Makan T., Tait A. 2019. *Supplement to the New Zealand Threat Classification System manual – New qualifiers and amendments to qualifier definitions*. Available at: <https://nztes.org.nz/> (Accessed 18 August 2021).
- 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>
- Walsh N.G., Entwistle T.J. 1999. *Flora of Victoria*, vol. 4: *Dicotyledons (Olacaceae to Asteraceae)*. United Kingdom, Oxford: Butterworth-Heinemann, 1000 pp.
- Wang J., Bean A.R. 2019. A taxonomic revision of *Lagenophora* Cass. (*Asteraceae*) in Australia. *Austrobaileya*, 10(3): 405–442. Available at: https://www.qld.gov.au/data/assets/pdf_file/0022/109084/wang-bean-austrobaileya-v10s3-405-442.pdf

Recommended for publication by S.L. Mosyakin

де Ланге П.Дж., Ван Цзянь. 2021. *Lagenophora schmidiae* (Asteraceae), критично zagrożений новий вид з Аотеароа / Нової Зеландії. *Український ботанічний журнал*, 78(5): 319–326 [In English].

Технічний університет УніТек, Окленд 1142, Нова Зеландія: П.Дж. де Ланге. Гербарій Квінсленду, відділ навколишнього середовища та науки, Ботанічні сади Брісбена, гора Кут-та, Тувонг, Квінсленд 4066, Австралія: Цзянь Ван.

Реферат. Описано новий вид *Lagenophora schmidiae* de Lange & Jian Wang ter sp. nov. (Asteraceae), наведено його зображення та відмінності від *L. montana* Hook.f. Цей новоописаний вид був уперше наведений з Аотеароа / Нової Зеландії у 1974 році, але під помилковою назвою *Lagenophora montana*. Таке досить пізнє визнання відокремленості цього виду частково пояснюється тим, що він є надзвичайно рідкісним, а також часто помилково визначався як дещо подібний вид *L. barkeri* Kirk, з яким він часто зростає поряд. З використанням національної системи природоохоронної класифікації загроз (New Zealand Threat Classification System) для *Lagenophora schmidiae* запропоновано охоронний статус 'Threatened / Nationally Critical', оскільки цей новий вид відомий лише в малих популяціях, багато з яких знаходяться під загрозою внаслідок інвазій чужорідних видів.

Ключові слова: Asteraceae, Astereae, *Lagenophora*, *Lagenophora barkeri*, *Lagenophora montana*, *Lagenophora schmidiae*, новий вид, таксономія, флора Аотеароа / Нової Зеландії



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.327>

RESEARCH ARTICLE

Fatty acid profile of an indigenous strain of *Lentinus sajor-caju* (*Basidiomycota*)

LATA^{1*} , Narender Singh ATRI²

¹Department of Botany, Eternal University Baru Sahib, Sirmour, Himachal Pradesh 173101, India

²Department of Botany, Punjabi University Patiala, Punjab 147002, India

Abstract. The aim of the present study was to investigate the fatty acid composition of an indigenous strain of *Lentinus sajor-caju* collected in the wild and cultivated under laboratory conditions. This edible mushroom is widely consumed in different parts of the world. The study revealed the presence of 26 fatty acids, including saturated fatty acids (SFA-27.69%), monounsaturated fatty acids (MUFA-5.42%), and polyunsaturated fatty acids (PUFA-65.06%) in varying quantities ranging from 0.01% to 60.62%. Amongst the estimated fatty acids, linoleic acid (60.62%) was preponderantly present in comparison to all other fatty acids. Palmitic acid (17.6%) was found to be the second and oleic acid (3.95%) the third most abundant fatty acid in the fungus.

Keywords: Flame ionization detector (FID), gas chromatography (GC), *Lentinus sajor-caju*, monounsaturated fatty acids (MUFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), saturated fatty acids (SFA), sporophores

Article history. Submitted 2 June 2021. Revised 11 August 2021. Published 29 October 2021

Citation. Lata, Atri N.S. 2021. Fatty acid profile of an indigenous strain of *Lentinus sajor-caju* (*Basidiomycota*). *Ukrainian Botanical Journal*, 78(5): 327–334. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.327>

*Corresponding author (e-mail: lg85.lata@rediff.com)

Introduction

The sporophores of edible mushrooms are considered to be valuable health foods that are appreciated for their texture, flavour, nutritional properties, as well as for their therapeutic properties due to the effectiveness in preventing hypercholesterolemia, coronary atherosclerosis, for antitumor activities and immunomodulation. Mushrooms possess high amounts of proteins, vitamins, minerals, essential unsaturated fatty acids, and low proportions of fat content (Crisan, Sands, 1978; Tressl et al., 1982; Grosch, Wurzenberger, 1984). Fatty acids are carboxylic acids with long hydrocarbon chains which are either saturated or unsaturated. These are the major source of energy for the human beings and are reported to play a major role in tissue development and the absorption of the fat-soluble vitamins A, D, E, K and other food components, such as carotenoids.

Lentinus sajor-caju (Fr.) Fr. is an agaricoid basidiomycetous fungus belonging to the family *Polyporaceae* (*Polyporales*, *Agaricomycetes*). The edibility and culinary relevance of *L. sajor-caju* has been documented in the earlier literature published by many investigators from different countries including India, Malaysia, Philippines, Tanzania, Vietnam, etc. (Chin, 1981; Corner, 1981; Purkayastha, Chandra, 1985; Verma et al., 1995; Puttaraju et al., 2006; Kavishree et al., 2008; De Leon et al., 2012; Singdevsachan et al., 2013; Sharma, Atri, 2014; Afiukwa et al., 2015; Dulay et al., 2015; Gaur et al., 2016; Hussein et al., 2016; Reneses et al., 2016). As far as India is concerned, not much work has been done in this regard. In view of this, detailed investigation was carried out using the sporophores of *L. sajor-caju* produced from the indigenous culture of the species collected from the wild in order to study its nutritional and nutraceutical constituents, including the fatty acid profile presented in this article.

© 2021 Lata, N.S. Atri. 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

Materials and Methods

Fatty acids were estimated using gas chromatography with a flame ionization detector (GC-FID) following standard protocol given by Ranganna (1986).

Material. The sporophores produced during laboratory cultivation from the indigenous culture of *Lentinus sajor-caju* collected from the wild were used for investigation of its fatty acid profile. The culture has been deposited in the Microbial Type Culture Collection, Institute of Microbial Technology (IMTECH), Mohali, Punjab, under MTCC No. 10945.

Chemicals and reagents. All reagents and chemicals used for our analysis were of analytical grade. The fatty acid reference standard mixture of 37 fatty acids, methanol and sulphuric acid were obtained from SIGMA while n-hexane, petroleum ether, toluene and sodium sulphate were obtained from MERCK.

Standard preparation. For the calibration purpose, 37 fatty acids control reference standard was prepared.

Sample preparation. To cultivate *L. sajor-caju*, an indigenous culture raised in the laboratory through tissue culture technique was used. For cultivation, locally available ligno-cellulosic natural substrates, namely paddy straw, wheat straw, sawdust and wooden flakes, were used separately and in combination in the ratio of 1:1:1:1. For each substrate and their combinations used for cultivation, three polypropylene bags with 500 g substrate on dry weight basis were taken. Substrates of each such bag were soaked in water for at least two days. Excess of water was decanted off from the soaked substrate and filled in polythene bags followed by moist heat sterilization in an autoclave at 15 psi (pound-force per square inch) pressure, for 1 hour at least twice before use, in order to make it free from any infection. Spawning of the substrate was done aseptically with 7–8% of the spawn prepared on wheat grains. The inoculated bags were incubated in the incubator at 33 ± 1 °C. Polythene covering was removed from the colonized substrates on complete colonization and which were then transferred to a cropping room maintained at 28 ± 1 °C temperature and high relative humidity (85%–90%). The required humidity was maintained in the cropping room with the help of a humidifier. The sporophores raised through cultivation under laboratory conditions were harvested and dried in a hot air drier at 45 ± 1 °C (Atri et al., 2005).

For fat extraction, 100 g of mushroom powder prepared by crushing sporophores was soaked in n-hexane. The extracted fat was converted to methyl esters. For methylation, the extracted fat was mixed

with a transmethylation mixture (150 mL of methanol + 70 mL of toluene + 7.5 mL concentrated sulphuric acid) which was then kept in water bath under reflux for 90 minutes. Petroleum ether and ultra-pure water were added to it on cooling and the aqueous layer was collected. This was followed by repeated washing and addition of sodium sulphate. The clear ether layer so obtained was evaporated to dryness. Residue obtained was then dissolved in the petroleum ether and used for the fatty acid profile through gas chromatography.

Instrumentation. Fatty acid profiling was performed with Thermo Scientific Model Trace GC Ultra equipped with a HP-88 column (100 mm × 0.25 mm × 0.20 μm), a flame ionization detector (FID), and a split injector. Oven temperature and injector temperature were maintained at 250 °C and 60–140 °C, respectively. Helium gas was used as the mobile phase. For analysis, 1 μl of control reference standard and the mushroom sample to be investigated were injected in the instrument. Fatty acid identification was done by comparing the relative retention time of an individual fatty acid. The peaks obtained in the sample chromatogram were compared with the standard chromatogram. Results are expressed in relative values (%).

Results

Mushroom samples of *L. sajor-caju* were analysed and quantified for the presence of 37 fatty acids, out of which 26 fatty acids were observed in *L. sajor-caju*. Fatty acid composition of the mushroom revealed the presence of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA), polyunsaturated fatty acids (PUFA), and trans-fatty acids (TFA) in varying quantities ranging from 0.01% to 60.62%. The fatty acid composition, the amount (%) of the individual component obtained and chromatographic spectral data obtained for *L. sajor-caju* are summarized in Tables 1, 2 and depicted in chromatogram Figs 1, 2.

The carbon chain length of saturated fatty acids ranged from 4 to 24 and content from 0.09% to 17.6%. Some of the documented saturated fatty acids in the mushroom which were present in high proportion include palmitic acid (17.6%), pentadecylic acid (2.73%), stearic acid (1.75%), tricosylic acid (1.72%) and margaric acid (1.49%), while those determined in smaller proportion were myristic acid (0.72%), undecylic acid (0.42%), lignoceric acid (0.42%), lauric acid (0.40%), behenic acid (0.35%) and caprylic acid (0.09%). Other fatty acids,

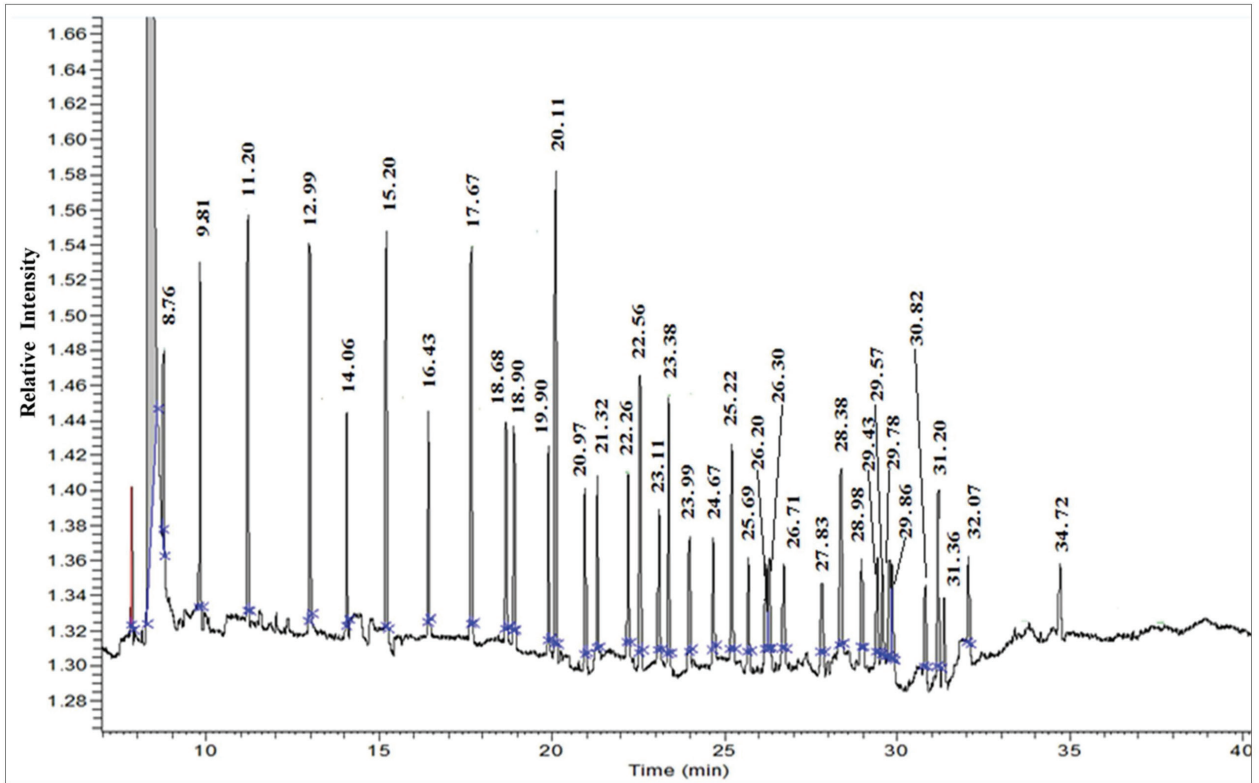


Fig. 1. Gas chromatography chromatogram of fatty acid standards

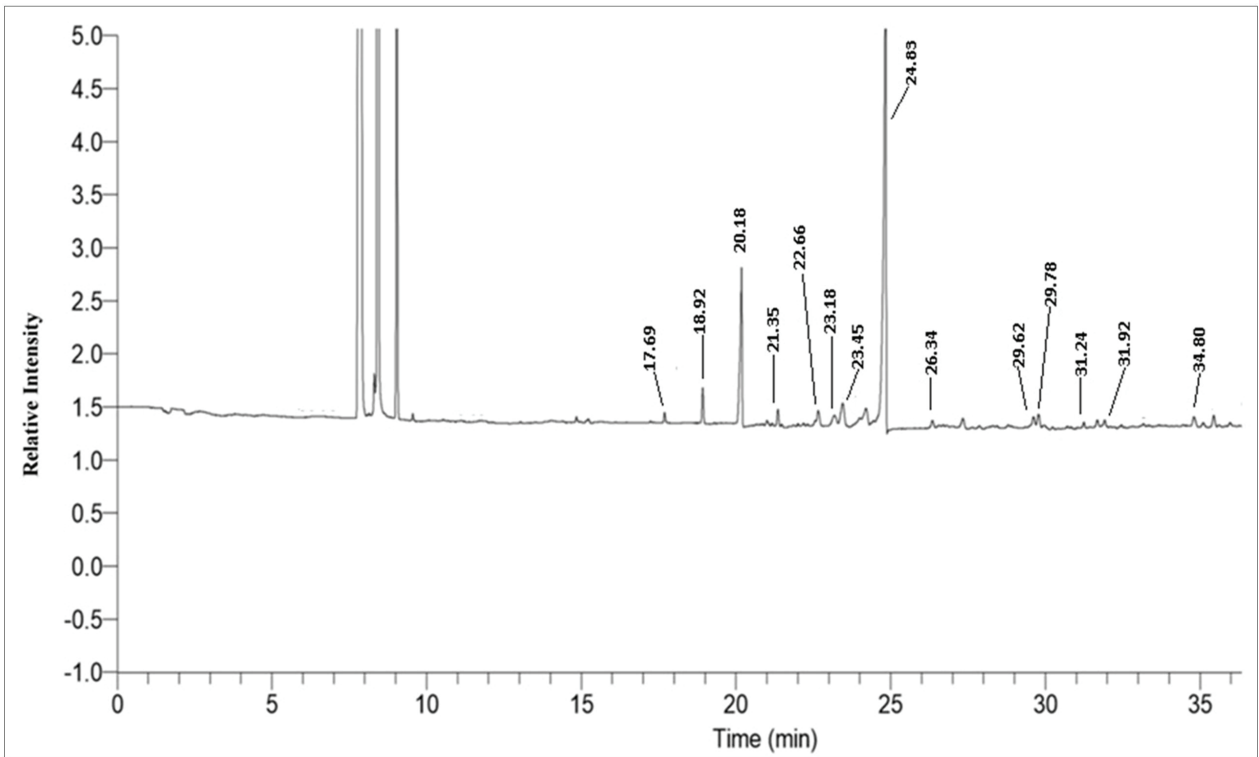


Fig. 2. Gas chromatography chromatogram of fatty acid composition of *Lentinus sajor-caju*

such as butyric acid, caproic acid, capric acid, tridecylic acid, arachidic acid and heneicosylic acid, were not detected in *L. sajor-caju*. In all, 27.69% saturated fatty acids were accounted of the total fatty acids.

For comparison, the quantity of unsaturated fatty acids ranged from 0.01% to 60.62% with the carbon chain length extending from 14 to 24. Amongst the evaluated fatty acids in the mushroom, the essential fatty acid, linoleic acid (60.62%), was recorded in substantially high proportions.

Amongst the monounsaturated fatty acids, oleic acid (3.95%) was observed in higher proportion followed by nervonic acid (0.94%) and palmitoleic acid (0.39%). Some of the monounsaturated fatty acids, including myristoleic acid, cis-10-pentadecanoic acid and cis-11-eicosenoic acid, were not detected in the sporophores. On overall basis, monounsaturated fatty acids accounted for 5.42% of the total fatty acids were present in the evaluated samples.

Lentinus sajor-caju contained high proportions of polyunsaturated fatty acid content because of the presence of the highest quantity of linoleic acid (60.62%). Polyunsaturated fatty acids accounted for 65.06% of the

Table 1. Saturated fatty acid composition of *Lentinus sajor-caju*

S. no.	Fatty acids	Carbon number	Retention time (minutes)	Amount of fatty acids, total content (%)
1	Butyric/Butanoic acid	C4:0	-	ND
2	Caproic/Hexanoic acid	C6:0	-	ND
3	Caprylic/Octanoic acid	C8:0	11:23	0.09
4	Capric/Decanoic acid	C10:0	-	ND
5	Undecylic/Undecanoic acid	C11:0	14:04	0.42
6	Lauric/Dodecanoic acid	C12:0	15:23	0.40
7	Tridecylic/Tridecanoic acid	C13:0	-	ND
8	Myristic/Tetradecanoic acid	C14:0	17:69	0.72
9	Pentadecylic/Pentadecanoic acid	C15:0	18:92	2.73
10	Palmitic/Hexadecanoic acid	C 16:0	20:18	17.6
11	Margaric/Heptadecanoic acid	C 17:0	21:35	1.49
12	Stearic/Octadecanoic acid	C 18:0	22:66	1.75
13	Arachidic/Eicosanoic acid	C 20:0	-	ND
14	Heneicosylic/Heneicosanoic acid	C 21:0	-	ND
15	Behenic/Docosanoic acid	C 22:0	28:31	0.35
16	Tricosylic/Tricosanoic acid	C 23:0	29:78	1.72
17	Lignoceric/Tetracosanoic acid	C24:0	31:24	0.42
Total saturated fatty acids				27.69

Table 2. Unsaturated and trans fatty acid composition of *Lentinus sajor-caju*

S. no.	Fatty acid	Carbon number	Omega (ω) type	Retention time (minutes)	Amount of fatty acids, total content (%)
Monounsaturated fatty acids					
1	Myristoleic acid	C14:1	7	-	ND
2	Cis-10-pentadecanoic acid	C15:1	7	-	ND
3	Palmitoleic acid	C16:1	7	21:00	0.39
4	Cis-10-heptadecanoic acid	C17:1	7	22:18	0.13
5	Oleic acid	C18:1	9	23:45	3.95
6	Cis-11-eicosenoic acid	C20:1	9	-	ND
7	Erucic acid	C22:1	9	29:35	0.01
8	Nervonic acid	C24:1	9	31:92	0.94
Total Monounsaturated Fatty Acids					5.42
Polyunsaturated fatty acids					
1	α-Linolenic acid	C18:3	3	26:34	0.87
2	Cis-11,14,17-eicosatrienoic acid	C20:3	3	29:62	1.68
3	Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid	C20:5	3	31:44	0.12
4	Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid	C22:6	3	34:80	1.05
5	Linoleic acid	C18:2	6	24:83	60.62
6	γ-Linolenic acid	C18:3	6	-	ND
7	Cis-11,14-eicosadienoic acid	C20:2	6	27:87	0.30
8	Cis-8,11,14-eicosatrienoic acid	C20:3	6	28:89	0.17
9	Arachidonic acid	C20:4	6	-	ND
10	Cis-13,16-docosadienoic acid	C22:2	6	30:72	0.25
Total Polyunsaturated fatty acids					65.06
Trans fatty acids					
1	Elaidic acid	C18:1	9	23:18	1.17
2	Linoelaidic acid	C18:2	6	23:99	0.66
Total Trans fatty acids					1.83

total fatty acids were found in the evaluated mushroom samples. In addition to linoleic acid, cis-11,14,17-eicosatrienoic acid (1.68%), cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (1.05%) and α -linolenic acid (0.87%) were the other polyunsaturated fatty acids documented in the sporophores. As compared, cis-11,14-eicosadienoic acid (0.30%); cis-13,16-docosadienoic acid (0.25%), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid (0.17%) and cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (0.12%) were recorded to be present in traces while γ -linolenic acid and arachidonic acid were not detected in the studied mushroom. Elaidic acid (1.17%) and linoelaidic acid (0.66%) are the trans fatty acids which were also recorded during the estimation of fatty acids of *L. sajor-caju*.

Discussion

In the cultivated sporophores of *L. sajor-caju*, saturated fatty acids accounted for 27.69% of the total fatty acids content. Kavishree et al. (2008), while working on 23 wild mushroom fruiting bodies, documented 20% total saturated fatty acid content in *L. sajor-caju*, 30.6% in *L. squarrosulus* Mont., 25.1% in *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn and 27.1% in *P. sajor-caju* which is almost comparable to the amount of saturated fatty acids documented in the presently evaluated samples. In cultivated sporophores of *Lentinus squarrosulus* SQW (27.43%), *L. squarrosulus* LSF (25.78%), *Pleurotus ostreatus* EM-I (21.87%), *P. sajor-caju* (26.62%), and naturally growing *P. tuber-regium* (Fr.) Singer (42.19%), excepting *P. tuber-regium*, comparable proportion of total saturated fatty acid are reported by Obodai et al. (2014). While investigated the wild fruiting bodies of *Lentinus connatus* Berk. and *L. cladopus* Lév., Sharma and Atri (2014) recorded 27.05% and 27.76% of saturated fatty acid in these species, respectively. However, much higher amounts of total saturated fatty acid were reported by Sharma and Atri (2014) in the naturally growing *L. sajor-caju* (53.89%), *L. torulosus* (Pers.) Lloyd (56.8%) and *L. squarrosulus* (57.36%) as compared to the presently analysed specimens of *L. sajor-caju*.

The palmitic acid content in the investigated specimens of *L. sajor-caju* (17.6%) is almost comparable to the proportion of this fatty acid reported in *L. sajor-caju* (15.4%), *L. squarrosulus* (16.6%), *Pleurotus djamor* (15.8%), and *P. sajor-caju* (13.9%) by Kavishree et al. (2008). Obodai et al. (2014) also reported 18.04% palmitic acid in *L. squarrosulus* LSF, 19.62% in *L. squarrosulus*

SQW, 17.84% in *P. sajor-caju*, 14.31% in *P. ostreatus* EM-I and 21.19% in *P. tuber-regium*, which is also almost comparable to the amount of this fatty acid that we documented in the evaluated samples of *L. sajor-caju*. Palmitic acid has been reported as the integral part of wild sporophores of *L. sajor-caju* (41.29%), *L. torulosus* (41.83%), *L. squarrosulus* (45.13%), *L. cladopus* (22.79%) and *L. connatus* (14.25%) by Sharma and Atri (2014). From this it is apparent that in comparison to the wild samples (41.29%), the amount of palmitic acid in the cultivated samples (17.6%) evaluated presently is much lower than half of the amount in the wild samples. Ravikrishnan et al. (2015) reported 20% palmitic acid in naturally growing *L. polychrous* Lév. While working with wild *L. squarrosulus*, slightly higher amount of palmitic acid (18.89 mg/100 g) was reported by Ghate and Sridhar (2019) and much less percentage (4.55%) of the same fatty acid was reported by Manjunathan et al. (2017) in *L. tuber-regium* cultivated in the laboratory. Roy et al. (2020) documented 10.74% palmitic acid in naturally growing *L. squarrosulus*. Palmitic acid is reported to possess significant atherogenic and thrombogenic potential (Tvrzicka et al., 2011).

Substantially higher percentage of monounsaturated fatty acid has been determined by Kavishree et al. (2008) in *Lentinus sajor-caju* (25.1%), *Pleurotus djamor* (29.4%) and *P. sajor-caju* (19.1%) in comparison to the presently investigated sample of *L. sajor-caju*; however, Obodai et al. (2014) reported almost comparable amount of MUFA in *L. squarrosulus* (6.8%). Total monounsaturated fatty acid content in the presently investigated mushroom is on the lower (5.42%) side in comparison to the proportion of monounsaturated fatty acid revealed in *L. squarrosulus* SQW (8.75%), *L. squarrosulus* LSF (9.36%), *Pleurotus tuber-regium* (24.07%), *P. ostreatus* EM-I (18.92%) and *P. sajor-caju* (24.21%) by Obodai et al. (2014). Sharma and Atri (2014) also detected high amount of total monounsaturated fatty acid content in the wild samples of *L. sajor-caju* (16.27%), *L. connatus* (32.72%), *L. torulosus* (17.93%), *L. cladopus* (67.35%) and *L. squarrosulus* (27.1%) in comparison to the presently evaluated sample of *L. sajor-caju* cultivated in the laboratory.

Oleic acid (3.95%) was found to be the most abundant monounsaturated fatty acid in the presently investigated mushroom specimens; it is reported to have therapeutic importance in decreasing the concentration of triacylglycerols (TAG), LDL-cholesterol and increasing the concentration of HDL-cholesterol and regulating

insulin sensitivity. Oleic acid was also found to influence the anti-inflammatory response and reported to possess a protective role in carcinogenesis (Tvrzicka et al., 2011). However, its total proportion in the presently evaluated sample is on the lower side in comparison to its amount documented in *Lentinus sajor-caju* (23.5%), *L. squarrosulus* (5.8%), *Pleurotus djamor* (29.4%) and *P. sajor-caju* (19.1%) by Kavishree et al. (2008). Oleic acid was reported to occur in high amount in *L. squarrosulus* SQW (7.89%), *L. squarrosulus* LSF (8.67%), *Pleurotus tuber-regium* (21.21%), *P. ostreatus* EM-I (18.30%) and *P. sajor-caju* (22.62%) by Obodai et al. (2014). While working with different wild sporophores of *Lentinus* species, much higher percentage of oleic acid has been reported in *L. sajor-caju* (13.9%), *L. connatus* (23.38%), *L. torulosus* (13.56%), *L. cladopus* (47.87%) and *L. squarrosulus* (23.38%) by Sharma and Atri (2014). Ravikrishnan et al. (2015) also recorded high percentage (18.50%) of oleic acid in *L. polychrous*. Oleic acid was documented in slightly high amount in *L. tuber-regium* (5.98%) and *L. squarrosulus* (5.27%) by Manjunathan et al. (2017) and Adeoye-Isijola et al. (2018), respectively.

Nervonic acid is the second most abundant (0.94%) monounsaturated fatty acid presently recorded in *L. sajor-caju*. This is an important monounsaturated fatty acid reported to be involved in the biosynthesis of nerve cell myelin and preventing disorders such as adrenoleukodystrophy and multiple sclerosis in elderly people (Sargent et al., 1994; Nakalembe, Kabasa, 2013).

Lentinus sajor-caju has been evaluated to contain substantially high (65.06%) proportion of polyunsaturated fatty acid in comparison to the other edible species, including *L. sajor-caju* (54.9%), *L. squarrosulus* (62.9%), *Pleurotus djamor* (45.5%) and *P. sajor-caju* (53.8%) by Kavishree et al., (2008). In the presently investigated mushroom samples, the net amount of polyunsaturated fatty acid (65.06%) is much on the higher side in comparison to proportion of saturated fatty acid (27.69%) and monounsaturated fatty acid (5.42%) evaluated. Similar trend has been documented by Obodai et al. (2014) for *Lentinus squarrosulus* SQW (63.62%), *L. squarrosulus* LSF (64.87%), *Pleurotus ostreatus* EM-I (59.21%), *P. sajor-caju* (49.17%) and *P. tuber-regium* (33.75%). Sharma and Atri (2014) reported very low proportion of polyunsaturated fatty acid in the wild samples of *Lentinus sajor-caju* (1.31%), *L. connatus* (0.70%), *L. torulosus* (1.3%), *L. cladopus* (0.76%) and *L. squarrosulus* (1.45%) in comparison to the presently investigated mushroom cultivated under laboratory

conditions. From the therapeutic point of view, n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid, mainly linoleic acid, linolenic acid, cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid and cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (DHA), are known to modify membrane fluidity and thickness, regulate enzymes involved in lipid metabolism, exert anti-inflammatory effects on asthma, inflammatory bowel disease, rheumatoid arthritis, etc. (FAO, 2010). One of the polyunsaturated fatty acid, cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (DHA), has been reported to prevent cardiovascular disease and play critical role in neurogenesis, neurite growth, neuronal integrity, gene expression in the brain, synapse formation and function, glucose transport, cognitive development and learning ability (Norris et al., 2013).

The proportion of linoleic acid observed during the present study in *L. sajor-caju* is much on the higher side (60.62%) in comparison to its amount reported in *L. squarrosulus* (37.29%) by Ghate and Sridhar (2019) and in *L. sajor-caju* (54.9%), *Pleurotus djamor* (45.5%) and *P. sajor-caju* (53.8%) by Kavishree et al. (2008). Obodai et al. (2014), while investigating some of the edible species of *Pleurotus* and *Lentinus*, detected high amount of linoleic acid in *L. squarrosulus* SQW (62.41%), *L. squarrosulus* LSF (63.64%), which is almost comparable to the presently investigated mushroom. In comparison, Ravikrishnan et al. (2015), Manjunathan et al. (2017), Adeoye-Isijola et al. (2018) and Roy et al. (2020) reported much less amount of linoleic acid in *Lentinus polychrous* (25.30%), *L. tuber-regium* (7.44%), *L. squarrosulus* SQW (37.29%), *L. squarrosulus* LSF (24.21%), respectively. Linoleic acid is known to act as a precursor of alcohol in fungi (1-octen-3-ol) and is one of the principal aromatic compounds in most fungi contributing to mushroom flavour (Maga, 1981). It is also reported as a potential cytotoxic agent against HeLa cell possessing antibacterial activity as well (Lee et al., 2002; Mei et al., 2006).

Conclusion

The results revealed that the cultivated sporophores of *Lentinus sajor-caju* are quite rich in essential fatty acids and unsaturated fatty acids, with linoleic acid, oleic acid and palmitic acid being present in substantial amounts. It also possesses higher amounts of unsaturated fatty acids in comparison to saturated fatty acids, which is quite significant from a nutritional standpoint. Therefore, it can form an important constituent of the human diet.

Acknowledgement

The authors are grateful to the Head Department of Botany, Punjabi University, Patiala, Punjab, India for providing laboratory facilities.

The work was funded by the University Grants Commission with a grant under the DRS Phase – III (SAP) Program. The senior author is also indebted to the University Grants Commission for the award of fellowship under the UGC-BSR scheme.

References

- Afiukwa C.A., Ebem E.C., Igwe D.O. 2015. Characterization of the proximate and amino acid composition of edible wild mushroom species in Abakaliki, Nigeria. *AASCIT Journal of Biosciences*, 1: 20–25.
- Atri N.S., Kaur A., Kour H. 2005. Wild mushrooms – collection and identification. In: *Frontiers in Mushroom Biotechnology*. Eds R.D. Rai, R.C. Upadhyay, S.R. Sharma. Chambaghat, Solan: NRCM, pp. 9–26.
- Adeoye-Isijola M.O., Olajuyigbe O.O., Jonathan S.G., Coopoosamy R.M. 2018. Bioactive compounds in ethanol extract of *Lentinus squarrosulus* Mont. – a Nigerian medicinal macrofungus. *African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines*, 15(2): 42–50. <https://doi.org/10.21010/AJTCAMV1512.6>
- Chin F.H. 1981. Edible and poisonous fungi from the forest of Sarawak. Part 1. *Sarawak Mushroom Journal*, 50: 211–225.
- Corner E.J.H. 1981. The agaric genera *Lentinus*, *Panus* and *Plerotus*, with particular references to Malaysian species. *Nova Hedwigia Beihefte*, 69: 1–169.
- Crisan E.V., Sands A. 1978. Nutritional value. In: *The biology and cultivation of edible fungi*. Eds S.T. Chang, W.A. Hayes. New York Academic Press, pp. 727–793.
- De Leon A.M., Reyes R.G., dela Cruz T.E.E. 2012. An ethnomycological survey of macrofungi utilized by Aeta Communities in Central Luzon, Philippines. *Mycosphere*, 3(2): 251–259. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/3/2/9>
- Dulay R.M.R., Flores K.S., Tiniola R.C., Marquez D.H.H., Cruz A.G.D., Kalaw S.P., Reyes R.G. 2015. Mycelial biomass production and antioxidant activity of *Lentinus tigrinus* and *Lentinus sajor-caju* in indigenous liquid culture. *Mycosphere*, 6(6): 659–666. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/6/6/2>
- FAO. 2010. Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. Rome: Food and agricultural organization of the United Nations. *FAO Food and Nutrition Paper*, 91: 1–166.
- Gaur T., Rao P.B., Kushwaha K.P.S. 2016. Nutritional and anti-nutritional components of some selected edible mushroom species. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 7(2): 155–161.
- Ghate S.D., Sridhar K.R. 2019. Nutritional attributes of two wild mushrooms of south western India. In: *Advances in Macrofungi: Diversity, Ecology and Biotechnology*. Eds K.R. Sridhar, S.K. Deshmukh. Boca Raton: CRC Press, pp. 105–120.
- Grosch W., Wurzenberger M. 1984. Enzymic formation of 1-ovten-3-ol in mushroom. *Developments in Food Science*, 10: 253–259.
- Hussein J.M., Tibuhwa D.D., Mshandete A.M., Kivaisi A.K. 2016. Successful domestication of *Lentinus sajor-caju* from an indigenous forest in Tanzania. *Journal of Applied Biosciences*, 108: 10500–10506. <https://doi.org/10.4314/jab.v108i1.4>
- Kavishree S., Hemavathy J., Lokesh B.R., Shashi Rekha M.N., Rajarathnam S. 2008. Fat and fatty acids of Indian edible mushrooms. *Food Chemistry*, 106: 597–602. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.018>
- Lee J.Y., Kim Y.S., Shin D.H. 2002. Antimicrobial effects of linoleic acid and monoglyceride against *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50: 2193–2199. <https://doi.org/10.1021/jf011175a>
- Maga J.A. 1981. Mushroom flavor. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 29: 1–4.
- Manjunathan J., Gowri S.S., Vennila N., Ezhilarasu A., Kaviyaran V. 2017. Amino acid and fatty acid composition of indigenously cultivated edible mushroom *Lentinus tuber-regium* VKJM24 (HM060586). *International Journal of Pharma Research Health Science*, 5(5): 1886–1890.
- Mei W., Dai H., Xu J. 2006. Composition and cytotoxic activity of the organic acids from *Gracilaria lemaneiformis*. *Zhong Guo Haiyang Yaowu*, 25: 45–47.
- Nakalembe I., Kabasa J.D. 2013. Fatty and amino acids composition of selected wild edible mushrooms of Bunyoro Sub-Region, Uganda. *African Journal of Food Agriculture, Nutrition and Development*, 13: 7225–7241. <https://doi.org/10.18697/ajfand.56.11945>
- Norris R.G., Fischer M.H. 2013. The role of essential fatty acids in human health. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 18(4): 268–289. <https://doi.org/10.1177/2156587213488788>
- Obodai M., Isabel C.F.R.F., Angela F., Lillian B., Deborah L.N.M., Matilda D., Arailde F.U., Juanita P., Richard K.T. 2014. Evaluation of the chemical and antioxidant properties of wild and cultivated mushrooms of Ghana. *Molecules*, 19: 19532–19548. <https://doi.org/10.3390/molecules191219532>
- Purkayastha R.P., Chandra A. 1985. *Manual of Indian Edible Mushrooms*. New Delhi: Jagmander Book Agency.
- Puttaraju N.G., Venkateshaiah S.U., Dharmesh S.M., Nanjarajurs S.M., Somasundaram R. 2006. Antioxidant activity of indigenous edible mushrooms. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54: 9764–9772. <https://doi.org/10.1021/jf0615707>
- Ranganna S. 1986. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. 2nd ed. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited, 1111 pp.

- Ravikrishnan V., Naik P., Ganesh S., Rajashekhar M. 2015. Profile of mushroom *Lentinus polychrous* Lev. from Western Ghats, Southern India. *International Journal of Plant Animal Environmental Science*, 5: 278–281.
- Reneses M.A.M., Dulay R.M.R., De Leon A.M. 2016. Proximate nutritive composition and teratogenic effect of *Lentinus sajor-caju* collected from Banaue, Ifugao Province, Philippines. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 5(7): 1771–1786.
- Roy R.D., Kandagalla S., Krishnappa M. 2020. Exploring the ethnomycological potential of *Lentinus squarrosulus* Mont. through GC–MS and chemo informatics tools. *Mycology*, 11(1): 78–89. <https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1707724>
- Sargent J.R., Coupland K., Wilson R. 1994. Nervonic acid and demyelinating disease. *Medical Hypothesis*, 42: 237–242.
- Sharma S.K., Atri N.S. 2014. Nutraceutical composition of wild species of genus *Lentinus* Fr. from Northern India. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, 4(1): 11–32. <https://doi.org/10.5943/cream/4/1/2>
- Singdevsachan S.K., Patra J.K., Thatoi H. 2013. Nutritional and bioactive potential of two wild edible mushrooms (*Lentinus sajor-caju* and *Lentinus torulosus*) from Similipal Biosphere Reserve, India. *Food Science Biotechnology*, 22(1): 137–145. <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0019-7>
- Tressl R., Bahri D., Engel K.H. 1982. Formation of eight carbon and then ten carbon components in mushrooms (*Agaricus campestris*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 30: 89–93. <https://doi.org/10.1021/jf00109a019>
- Tvrzicka E., Kremmyda L.S., Stankova B., Zak A. 2011. Fatty acids as bio compounds: their role in human metabolism, health and disease – a review. Part 1: classification, dietary sources and biological function. *Biomedical Papers*, 155(2): 117–130.
- Verma R.N., Singh B.G., Singh S.M. 1995. Mushroom flora of North Eastern Hills. In: *Advances in Horticulture*. Eds K.L. Chadha, S.R. Sharma. New Delhi: S.R. Molhotra Publishers House, pp. 329–349.
- Recommended for publication by M.M. Sukhomlyn

Лата, Атрі Н.С. Профіль жирних кислот автохтонного штаму *Lentinus sajor-caju* (*Basidiomycota*). *Український ботанічний журнал*, 78(5): 327–334. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.327>

Кафедра ботаніки, Вічний університет Бару Сахіб, Сірмур, Хімачал-Прадеш 173101, Індія; Лата. Кафедра ботаніки, Пенджабський університет Патіала, Пенджаб 147002, Індія; Н.С. Атрі.

Реферат. Метою цього дослідження було встановити склад жирних кислот їстівного гриба *Lentinus sajor-caju*, який широко споживається у світі, на прикладі вирощеного в культурі автохтонного штаму природного походження. Нами встановлено наявність 26 жирних кислот, включаючи насичені жирні кислоти (SFA-27,69%), мононенасичені (MUFA-5,42%) і поліненасичені жирні кислоти (PUFA-65,06%) у різній кількості в межах від 0,01% до 60,62%. Виявлено, що серед усіх досліджених жирних кислот переважала лінолева кислота (60,62%), а пальмітинова (17,6%) та олеїнова (3,95%) кислоти були відповідно другою і третьою за їхнім вмістом у цього гриба.

Ключові слова. *Lentinus sajor-caju*, газова хроматографія, мононенасичені жирні кислоти, насичені жирні кислоти, плодові тіла, поліненасичені жирні кислоти, полум'яно-іонізаційний детектор



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.335>

REVIEW ARTICLE

35 років Зеленої книзі України: історія, проблеми, рішення

Дмитро В. ДУБИНА^{1*} , Павло М. УСТИМЕНКО¹ , Василь С. ТКАЧЕНКО¹, Сергій Ю. ПОПОВИЧ² ,
Людмила П. ВАКАРЕНКО¹ 

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

²Національний університет біоресурсів і природокористування, вул. Героїв Оборони 19, Київ 03041, Україна

Abstract. The article is dedicated to the 35th anniversary of publication of the first edition of the *Green Data Book of Ukraine*. This publication was a notable event in the 100-year history of research activity in the M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, where the scientific and methodological principles of the *Green Data Books* originated. The outcomes of the history and preconditions for development of a concept of the phytocenodiversity conservation are summarized. Problematic and disputable issues of the *Green Data Book* are discussed and some future tasks are outlined. Methodological approaches to conservation of natural units and areas are analyzed. It is emphasized that modern methods of biodiversity conservation are based on populational and ecosystemic approaches, while the main mode of conservation of plants is based on conservation of plant communities, which form a phytocenotic matrix for plant cenopopulations. Implementation of scientific principles of the *Green Data Book of Ukraine* in legislation and regulatory documents of Ukraine. A critical analysis of syntaxonomy of the protected plant communities in Ukraine is provided; 983 associations of 104 formations will form the basis for a new edition of the *Green Data Book of Ukraine*. The importance of wide public awareness among the general public, public organizations, and international bodies regarding the *Green Data Book of Ukraine* is emphasized.

Keywords: *Green Data Book of Ukraine*, rare phytocenoses, history of phytocenodiversity protection, environmental legislation

Article history. Submitted 02 April 2021. Revised 10 September 2021. Published 29 October 2021

Citation. Dubyna D.V., Ustymenko P.M., Tkachenko V.S., Popovych S.Yu., Vakarenko L.P. 2021. 35 years of the *Green Data Book of Ukraine*: history, problems, and solutions. *Ukrainian Botanical Journal*, 78(5): 335–346. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.335>

Affiliation. M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine: D.V. Dubyna, P.M. Ustymenko, V.S. Tkachenko, L.P. Vakarenko. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 19 Heroyi Oborony Str., Kyiv 03041, Ukraine: Popovych S.Yu.

*Corresponding author (e-mail: ddub@ukr.net)

Вступ

Помітною подією в 100-річній історії наукової діяльності Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України стало розроблення ідеології та науково-методологічних засад створення "Зеленої книги України", а також вихід друком першого наукового видання, з часу якого скоро минає 35 років. Інститутом ботаніки, згідно з Постановою Кабінету Міністрів України, здійснюється практичне ведення

Зеленої книги України (ЗКУ) та підготовка наступних наукових офіційних видань. Відносно нетривала історія ЗКУ відзначалася чи не найбільшою в літописі української ботанічної науки дискусією з різних питань – від поліпшення структури до доцільності видання загалом у зв'язку із формуванням концепції охорони біотопів.

Метою нашої публікації є підведення основних підсумків щодо історії функціонування Зеленої книги України, зокрема висвітлення передумов формування

© 2021 D.V. Dubyna, P.M. Ustymenko, V.S. Tkachenko, S.Yu. Popovych, L.P. Vakarenko. 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

ідей охорони фітоценотичної різноманітності, проблемних і дискусійних питань ведення Зеленої книги, новітньої структури другого офіційного її видання, а також окреслення деяких завдань на майбутнє.

Однією з основних екологічних проблем сучасного стану навколишнього природного середовища є зменшення обсягів і спрощення структури біотичного різноманіття, спричинені інтенсивним руйнуванням природних екосистем. Світовою спільнотою усвідомлено згубність впливу на людину зміненого довкілля, зокрема на її здоров'я, спадковість, еволюцію, менталітет і навіть моральну стійкість тощо. Свідченням цього є пильна увага міжнародних природоохоронних організацій до розроблення програм, які виконуються під егідою ООН, ЮНЕСКО, ЮНЕП, МСОП, МСБН: Конвенція про біорізноманіття (КБР) та Глобальна стратегія збереження рослин, котра здійснюється в рамках КБР, Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, Концепція збереження біологічного різноманіття України тощо. Саме тому сучасна доктрина збереження біорізноманітності базується не лише на еколого-біологічних засадах, але й охоплює весь спектр ідеологічних, економічних, соціально-культурних, етичних, етнічних проблем, стимулюючи зазвичай розвиток різних наукових дисциплін, серед яких чільне місце займають науки про охорону рослинного світу – фітосозологія та синфітосозологія (Yurtsev, 1992; Shelyag-Sosonko, Emelyanov, 1997).

Результати та обговорення

Існуючі методологічні підходи до збереження природних об'єктів істотно відрізняються між собою, оскільки біотичні системи різних ієрархічних рівнів відмінні за структурою і функціонуванням. Традиційно вирішення проблем охорони біорізноманіття базується на популяційно-видовому та екосистемному рівнях.

На популяційно-видовому рівні виявлення основних об'єктів охорони пов'язано з веденням Червоних книг та Червоних списків. Метою їхнього створення є сигналізація про обмеження та регламентацію обсягів експлуатації людиною ресурсів рослин і тварин, а способи збереження добре розроблені та включають широкий спектр заходів *in situ* (збереження й відновлення середовищ

існування раритетних видів, регламентування промислу, реконструкція біотопів, реінтродукція, репатріація та ін.) та *ex situ* (збереження в штучно створених об'єктах природно-заповідного фонду, насамперед ботанічних садах, а також розсадниках, банках насіння, культур, колекціях тощо). Однак це кардинально не розв'язує проблему в системі відносин людського суспільства з навколишнім природним середовищем. Збереження генофонду практично неможливе без збереження комплексів організмів та екосистем. Пріоритет необхідності охорони не лише генофонду, але й екофонду знайшов відображення у прийнятій Конференцією ООН у Ріо-де-Жанейро (1992) Конвенції про біорізноманіття. Це положення, безперечно, зумовлює розвиток екосистемних досліджень, які передбачають проведення обліку та оцінки багатства й різноманітності біотичних угруповань.

Розроблення природоохоронних методів оцінки рослинних угруповань і екосистем багато в чому далекі від завершення, а підходи до науково обґрунтованого збереження є істотно відмінними в різних державах світу. Основою охорони рослинного світу загалом є збереження його рослинних угруповань, які служать фітоценотичною матрицею поширення популяцій рослин. Рослинні угруповання є своєрідними маркерами екосистем, тому їхнє збереження неможливе без збереження екосистем.

Питання охорони фітоценозів і цікавих з наукового погляду ділянок рослинного покриву ставилися ще в 20-х роках минулого століття. Саме в цей період в Україні та країнах Європи небезпека зникнення раритетних фітоценозів внаслідок суттєвих антропогенних змін у структурі природної рослинності проявилася найгостріше. У галузі охорони природи дедалі частіше почали з'являтися наукові напрацювання екологів і біоценологів стосовно структури та функціонування природних комплексів. Ці роботи засвідчили неможливість збереження зникаючих видів рослин без збереження екосистем, компонентами яких вони є, а також без збереження тих локалітетів, з якими вони пов'язані. Основний шлях збереження видового різноманіття дослідники вбачали саме в збереженні фітоценозів, які легше виявляються і, водночас, комплексних одиниць організації живого (Yablokov, Ostroumov, 1985; Ehrlich, 1988; Krasilov, 1992).

У ботаніці започаткований та отримав розвиток новий напрям – синфітосозологічний, завданням якого є дослідження причин та екологічних наслідків

різних форм антропоічного впливу на рослинність, обґрунтування наукових засад збереження фітоценотичної різноманітності з метою забезпечення спонтанного філоценогенезу, розроблення конструктивних заходів щодо збереження рослинних угруповань, зокрема раритетних.

Проблема охорони фітоценозів отримала широке обговорення на початку 1960-х років минулого століття. Питання про необхідність збереження природної фітоценотичної різноманітності вперше гостро було поставлено на особливій нараді ЮНЕСКО з проблеми раціонального використання та охорони біосфери в 1968 р.в Парижі. Рік потому Є.М. Лавренко спільно з А.М. Семеновою-Тян-Шанською розробили та опублікували "Програму-інструкцію по организации охраны ботанических объектов" (Lavrenko, Semenova-Tyan-Shanskaya, 1969). Вони вперше теоретично обґрунтували необхідність охорони нарівні з рідкісними й типових корінних фітоценозів. Ними були розроблені критерії для оцінки природоохоронної значущості рослинних угруповань і запропоновані такі їхні категорії:

- угруповання, едифікатори яких є рідкісними видами;
- угруповання на межі ареалу;
- угруповання, знищені на значній частині їхнього природного ареалу.

У більшості наступних вітчизняних роботах за оцінювання рідкісності та необхідності охорони рослинних угруповань ці критерії доповнювалися й деталізувалися, але залишалися ключовими.

Проблема охорони угруповань привертала увагу широкого кола ботаніків. Ідею необхідності охорони раритетних угруповань у 70–80-х роках минулого століття розвивали Л.І. Мілкіна (Milkina 1975, 1984, 1985), С.М. Стойко (Stoiko, 1977, 1982a, 1983), Я. Чершовські (Čeřovský, 1977), М. Ковач, Ч. Прістер (Kovacz, Priszter, 1977), П.П. Второв, Б.П. Степанов (Vtorov, Stepanov, 1978), В.Д. Васильєва зі співавторами (Vasileva et al., 1980), А.М. Семенова-Тян-Шанська (Semenova-Tyan-Shanskaya, 1981), А.Н. Лашченкова та Н.І. Непомілуєва (Laschenkova, Nepomilueva, 1982), І. Моравець (Moravec et al., 1983) та багато інших.

Особливо важливе значення для наукового обґрунтування охорони рідкісних рослинних угруповань і збереження фітоценотичної різноманітності мав XII Міжнародний ботанічний конгрес, який відбувся в Ленінграді (тепер Санкт-Петербург) у 1975 році. Практична реалізація його рішень відзначилася низкою наукових заходів.

Зокрема, в Ужгороді (1981) на річній сесії наукових рад АН СРСР і АН УРСР з проблеми "Биологические основы рационального использования, преобразования и охраны растительного мира" С.М. Стойко виступив з доповіддю "Интегральная экологическая и созологическая оценка редких видов растений и растительных сообществ", у якій визначив завдання нової галузі ботанічних наук – фітосозології, що мала вивчати процеси синантропізації рослинного світу, розробляти заходи з охорони фітогенфонду й фітоценофонду, раціонального використання рослинних ресурсів. Ним на основі розроблених критеріїв обґрунтовано виділення семи фітосозологічних категорій рідкісних, унікальних і типових фітоценозів, запропонована синфітосозологічна оцінка рідкісних і унікальних фітоценозів, які підлягають охороні. Обґрунтована необхідність створення Зелених книг раритетних угруповань, атласів їхнього поширення, запропоновані заходи для їхньої охорони. У 1981 році в Москві відбулася I Всесоюзна конференція з охорони рослинних угруповань, на якій С.М. Стойко представив доопрацьовані матеріали із созологічної категоризації фітоценозів та їхньої інтегральної созологічної оцінки, дано визначення понять, означена необхідність їхньої охорони. За матеріалами цих доповідей була опублікована стаття в "Ботаническом журнале" (Stoiko, 1983). Рідкісними автор вважав фітоценози, площа яких стала обмеженою внаслідок впливу природних (первинно рідкісні) або антропоічних (вторинно рідкісні) факторів. До унікальних фітоценозів С.М. Стойко відніс угруповання, які за фітоценотичними позиціями компонентів, їхніми генетичними або фенотипічними ознаками, екоприуроченості та іншими особливостями вирізняються від зональних типових фітоценозів і становлять інтерес для науки й господарства (Stoiko, 1982b). В.М. Голубєв (Golubiev, 1987) до категорії рідкісних відніс фітоценози своєрідної структури та складу, які займають незначні площі. Ступінь раритетності підвищується, якщо в складі наявні ендемічні та реліктові види, які утворюють структурні елементи фітоценозів – яруси, синузії, мозаїчні компоненти.

У 1983 році на VII з'їзді Всесоюзного ботанічного товариства, що відбувся 11–14 травня у м. Донецьк, Ю.Р. Шеляг-Сосонко та Т.Л. Андрієнко представили проєкт Зеленої книги України (Shelyag-Sosonko, Andrienko, 1983). Обґрунтовуючи необхідність її створення, українські ботаніки виходили, насамперед, з вчення В.І. Вернадського (Vernadskiy,

1967) про біосферу як глобальну, цілісну, динамічну, саморегулюючу оболонку Землі, насичену життям, що постійно взаємодіє з літосферою, гідросферою та атмосферою, створюючи нескінченні колообіги речовини, енергії та інформації. Принциповою сутністю біосфери є те, що її живі організми (жива речовина), постійно взаємодіючи з умовами існування (фізичним середовищем), утворюють нерозривну функціональну єдність. Порухуючи її, суспільство призвело до глобальних за своєю сутністю функціональних екологічних криз. Тому вирішити цю проблему можна, лише спираючись на концепцію збереження функціональних, а не лише генетичних зв'язків у фітосистемах. Тобто, збереження має відбуватися на основі національних Зелених книг, а не лише Червоних списків або Червоних книг, які покликані охороняти раритетні види біорізноманіття. Останні, безперечно, мають певне значення для охорони генофонду біосфери, але не для підтримання її динамічної рівноваги. Ідея збереження видів біорізноманіття, включених до Червоних книг, не призвела до помітного поліпшення екоситуації в світі та збереження біорізноманітності (Stoiko, Sheliakh-Sosonko, 2005).

У 1987 році українськими ботаніками вперше у світовій природоохоронній діяльності була реалізована ідея охорони раритетних угруповань. Колективом авторів (Т.Л. Андрієнко, Л.Г. Безузько, Я.П. Дідух, Д.В. Дубина, С.М. Стойко, В.С. Ткаченко) під керівництвом Ю.Р. Шеляга-Сосонка розроблені теоретичні основи їхнього збереження, обґрунтовані показники виділення раритетних угруповань, запропонована структура Зеленої книги України і здійснено її видання під назвою "Зелёная книга Украинской ССР: Редкие, исчезающие и типичные, нуждающиеся в охране растительные сообщества" (Zelenaya kniga..., 1987) (рис. 1, А). Монографія стала історичною віхою в розвитку світової синфітосозології. До неї було включено 127 раритетних лісових, чагарникових, чагарничкових, лучних, болотних і водних фітоценозів різного синтаксономічного рангу – від формації до асоціації, загальною кількістю 612 асоціацій. Для кожного із синтаксонів наводилися мотиви та категорія охорони, поширення, екоумови, синтаксономічний склад, будова, видовий склад, флористичне ядро, фактори загроз і скорочення фітоценоареалу, заходи зі збереження, літературні джерела та картосхеми розповсюдження. Монографія отримала схвалення вчених і фахівців у галузі охорони природи, відомчих установ, громадських організацій тощо.

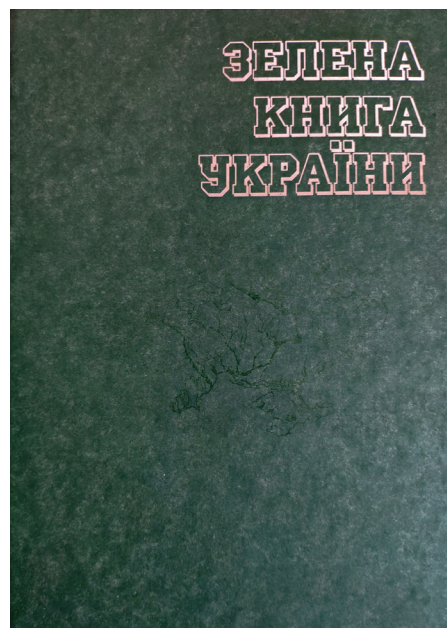


Рис. 1. А: Перше видання Зеленої книги України – "Зелёная книга Украинской ССР" (1987); В: Видання Зеленої книги України як державного документу (2009)

Fig. 1. A: The first edition of the *Green Data Book of Ukraine* (1987); B: The *Green Data Book of Ukraine* (2009) as a state document

Ще одним важливим аспектом стало започаткування в Україні монографічних "типологічних зелених книг". У 2002 році вийшла друком перша монографія "Зелена книга України. Ліси" (Sheliah-Sosonko et al., 2002). У подібних виданнях рекомендовано детальніше представляти охоронні синтаксони на рівні окремих типів рослинності. Через інтенсивну деградацію степового біому передусім має бути підготовлене наукове видання "Зелена книга України. Степи"

Ідеологія Зеленої книги знайшла своє втілення в низці прийнятих законодавчих та нормативних документів України. В юридичній площині вперше поняття "Зелена книга" обґрунтовано в документі "Програма перспективного розвитку заповідної справи в Україні (Заповідники)" 22 вересня 1994 р. (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/177/94-%D0%B2%D1%80#Text>). У ній визначено стратегічне завдання: "Розробити і прийняти законодавчі акти про рослинний світ та про систему територій, що особливо охороняються, надати переліки рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення рослинних угруповань нормативного характеру, забезпечити їх офіційне видання". На основі цієї Програми було розроблено "Положення про Зелену книгу України" (19 лютого 1997 р.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0101-97#Text>; 29 серпня 2002 р.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1286-2002-%D0%BF#Text>), яке набуло статусу державного документу. У Національній доповіді про збереження біологічного різноманіття (1997) вказувалося, що видана в 1987 р. Зелена книга України є унікальною в світовій практиці розробкою, в якій використано новий концептуальний підхід до збереження біорізноманіття з наголосом на його генетичному аспекті і наступним кроком має бути її видання на нових концептуальних засадах. У постанові Кабінету Міністрів України "Про Концепцію збереження біологічного різноманіття України" (від 12 травня 1997 р.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/439-97-%D0%BF#Text>) визначено завдання — "розробити геоінформаційні системи, насамперед ... рослинних угруповань, внесених до Зеленої книги України. Того ж року Кабінет Міністрів України прийняв постанову від 12 листопада "Про вдосконалення державного управління заповідною справою в Україні" (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-97-%D0%BF#Text>). Через три роки цей напрям був прописаний у Законі України "Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України

на 2000–2015 роки" від 21 вересня 2000 року (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1989-14#Text>).

Наступним етапом щодо юридичного затвердження Зеленої книги України стало втілення наукових основ у інші важливі природоохоронні закони України. Зокрема, в Законі України "Про рослинний світ" (від 9 квітня 1999 р.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/591-14#Text>) функціонування "Зеленої книги України" у сфері охорони природних ресурсів означено в 5 статтях, де раритетні угруповання, занесені до ЗКУ, визначаються як такі, що належать до природних рослинних ресурсів загальнодержавного значення і на них поширюється діяльність щодо збереження умов їхніх місцезростань. У вищезгаданому Законі України "Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки" також наголошується на необхідності інвентаризації рослинних угруповань, занесених до "Зеленої книги України", проведенні спеціальних заходів, спрямованих на запобігання їхнього знищення чи пошкодження. Аналогічні завдання зазначені також у Законі України "Про екологічну мережу України" (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text>) та інших нормативно-правових документах. У Лісовому кодексі України (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>) зазначається про необхідність забезпечення охорони рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів тваринного і рослинного світу, рослинних угруповань, пралісів, інших цінних природних комплексів відповідно до природоохоронного законодавства.

Отже видання Зеленої книги України визначило новий етап у синтаксономічній охороні рослинності. На державному рівні:

- затверджений перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, та типових природних рослинних угруповань, які підлягають охороні;
- визначені шляхи охорони раритетних угруповань, встановлена відповідальність за знищення чи пошкодження місць їхнього виростання.

Важливим організаційним заходом є екологічно обґрунтоване територіальне планування ландшафтів, на яких збереглися фітоценози раритетних синтаксонів. Це передбачає їхнє виділення і забезпечення охороною під час здійснення лісо- та землевпорядкувальних робіт, що раніше не проводилося.

Видання Зеленої книги України спонукало до низки кроків у синтаксономічній охороні рослинності держави, а саме:

- виявлення нових локалітетів раритетних угруповань;
- створення в цих місцевостях нових об'єктів природно-заповідного фонду;
- здійснення постійного фітоценотичного моніторингу за їхнім станом та проведення необхідних наукових досліджень щодо сучасного стану угруповань, умов екоотопів, картування із зазначенням географічних координат тощо;
- розроблення заходів зі збереження, відтворення та використання раритетних угруповань;
- проведення відповідної еколого-просвітницької роботи щодо їхнього стану та інформування громадськості, органів державної влади та місцевого самоврядування;
- прогнозування їхньої антропоїчної трансформації та обґрунтування шляхів і способів відновлення, а також диференційованих режимів збереження.

Важливим елементом синтаксономічної охорони рослинності є також створення регіональних (обласних) переліків раритетних асоціацій на принципах створення ЗКУ. Цей процес в Україні знаходиться досі на початковому етапі. Названі переліки складено лише для деяких адміністративних областей (Донецька, Закарпатська, Львівська). Важливо, щоб до їхнього складання залучалися провідні фахівці. У час глобальних екоетичних викликів важливо також зафіксувати початок утворення еволюційно-антропоїчно нових фітоценосистем, особливо агрегацій з автохтонів і екзотичних рослин із високою фітоценотипною участю.

У всіх природних регіонах України виникла реальна можливість розширення мережі природно-заповідних територій за рахунок виявлених нових місцезростань раритетних угруповань. Їхнє створення сприяє поліпшенню фітоценотичної репрезентативності природно-заповідного фонду, повноті представленості та цілісності природно-заповідної мережі держави.

Після опублікування видання "Зеленая книга Украинской ССР" (1987) синфітосозологічні дослідження отримали продовження в подібних виданнях за межами України (Zelenaya kniga Sibiri..., 1996; Saksonov et al., 2006; Zelenaya kniga Bryanskoj oblasti..., 2012), до Червоних книг Вірменії й Туркменістану було включено раритетні

рослинні угруповання. У 1997 р. була видана Червона книга рослинних угруповань для території колишнього СРСР. В її основу покладена система вищих одиниць еколого-флористичної класифікації, яка включає 74 класи, 143 порядки, 319 союзів і більше 1300 асоціацій (Red data..., 1997). На підставі цих матеріалів башкирські ботаніки провели аналіз Зелених книг різних регіонів Росії та України. Ними запропоновано авторську оптимізовану систему критеріїв виявлення та оцінки раритетних угруповань на прикладі проєкту "Зеленая книга Республики Башкортостан". Показано можливості застосування цих критеріїв для оцінки рослинних угруповань лісової та лучної рослинності Південно-Уральського регіону (Martynenko et al., 2015).

Разом із цим, необхідно вказати на деякі проблемні питання першого видання "Зеленої книги Украинской ССР" (1987). Автори включили до нього раритетні угруповання природного походження, які потребують охорони за фітоісторичними, ботаніко-географічними, хорологічними та фітоценотичними ознаками. Проте ці принципи не дотримано для визначення обсягів раритетного фітоценофонду, чим було порушено принцип синтаксономічної представленості, коли поряд із раритетними синтаксонами до раритетного фітоценофонду включалися комплекси рідкісних і типових синтаксонів водночас, або частина угруповань певного синтаксону (зазвичай типового і широко розповсюдженого) за віковими ознаками. Останнє було застосовано лише до одного типу рослинності – лісового, ігноруючи інші типи. Але й таке виділення стосувалося лише двох лісових формацій – *Pineta sylvestris* і *Querceta roboris*. Окрім цього, не були представлені раритетні синтаксони деяких типів рослинності (галофітної, псамофітної). Виявилось недоцільним включення й типових фітоценозів. Останні мають широке використання, особливо в лісовому господарстві. Надання їм правозахисного статусу могло би викликати протиріччя і навіть збурення у галузі.

У літературі розгорнулася дискусія щодо науково-методичних засад створення та структури ЗКУ як офіційного видання (Sheliah-Sosonko et al., 2003; Stoiko, Sheliah-Sosonko, 2005; Holubets, 2006; Didukh, 2006; Ustytenko et al., 2006). У монографії С.Ю. Поповича "Синфітосозологія лісів України" (Popovych, 2002) автором уперше здійснено теоретико-методологічне узагальнення наукових матеріалів щодо охорони лісової рослинності

України, розкрито теоретичні основи стратегії охорони фітоценорізноманітності на базових рівнях її екосистемної організації, представлено новий підхід до виділення фітоценорізноманітності за регіонально-хорологічними критеріями, здійснена синфітосозологічна оцінка лісоценофону. У монографії "Менеджмент охоронних лісів України" (Menedzhment..., 2003) наводиться перелік і стисла наукова та созологічна характеристика раритетних лісових асоціацій для природно-заповідних територій України. Фактичний матеріал про дослідження раритетного фітоценофону України, який опубліковано в численних наукових працях, звітах науково-дослідних робіт, критично узагальнено в монографії П.М. Устименка зі співавторами "Раритетний фітоценофонд України" (Ustylenko et al., 2007). У ній висвітлено сучасні аспекти фітоценологічних і синфітосозологічних досліджень, проаналізовано стан збереження фітоценорізноманітності природно-заповідного фонду України в категоріях найвищого геосозологічного рангу. Критично проаналізовані поняття, категоризації та визначення раритетного фітоценозу, методологічні засади визначення синтаксономічної різноманітності з позицій синфітосозологічної цінності. У роботі охарактеризовано та проаналізовано раритетний фітоценофонд основних ботаніко-географічних регіонів України (Українського Полісся, Українських Карпат, подільської частини лісової зони, Лісостепу, Степу, Гірського Криму) за показниками фітоценологічної, фітосозологічної, ботаніко-географічної значущості, репрезентативності, амплітуди та щільності поширення, характеру зміни ареалу, положення в сукцесійному ряду, потенціалу відновлюваності.

Загалом накопичений значний науково-методичний матеріал і отримана нова фітосозологічна та геоботанічна інформація про раритетну фітоценологічну різноманітність України, детальний картографічний матеріал, з'ясування основних загроз, розроблені режими збереження стали основою для підготовки офіційного видання Зеленої книги України. У 2009 році здійснено перше видання Зеленої книги України як державного документа, підготовленого вченими Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Т.Л. Андрієнко-Малюк, Л.П. Вакаренко, Я.П. Дідух, Д.В. Дубина, І.А. Коротченко, В.С. Ткаченко, П.М. Устименко, Ю.Р. Шеляг-Сосонко) із залученням провідних фахівців з інших ботанічних установ

країни (Л.І. Мілкіна, Я.І. Мовчан, С.М. Стойко, Л.О. Тасєнкевич, Л.М. Фельбаба-Клушина) (Zelena knyha..., 2009) (рис. 1, В). Структуру цього видання розроблено відповідно до вимог "Положення про Зелену книгу України" (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1286-2002-%D0%BF#Text>). Синфітосозологічну оцінку рослинних асоціацій з метою виявлення раритетних угруповань здійснено відповідно до "Методики синфітосозологічної оцінки природних рослинних угруповань, які підлягають охороні та занесенню до Зеленої книги України", затвердженої наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.05.2009 за № 257 (Zelena knyha..., 2009). Оцінка рослинних асоціацій базується на принципах значущості їхніх домінуючих видів. У ЗКУ зібрано відомості про сучасний стан, розповсюдження та особливості рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, а також типових природних рослинних угруповань, які підлягають охороні. Вона є основою для розроблення охоронних заходів з їхнього збереження, відтворення та використання.

Видання "Зелена книга України" (Zelena knyha..., 2009) складається з 160 статей, в яких представлено інформацію щодо 800 асоціацій 111 формацій рослинності України. Серед типів рослинності найбагатшим є раритетний фітоценофонд лісової рослинності, яка налічує 308 асоціацій, 62% яких приурочено до гірських екосистем. Тому сучасне природокористування в гірських умовах не лише спричинює негативні екологічні наслідки, а й збіднює раритетний лісоценофонд, що призводить до втрати раритетних синтаксонів. Раритетний фітоценофонд степової рослинності налічує 222 асоціації, вищої водної рослинності – 137. У решті типів рослинності він є менш чисельним: чагарникова й чагарничкова рослинність Карпат і Криму має 32 асоціації, трав'яна та чагарничкова рослинність ксеротичного типу на відслоненнях та пісках – 32, лучна рослинність – 20, болотна – 39, галофітна – 10 асоціацій. Така представленість раритетних асоціацій в цілому співвідноситься із фітоценологічним багатством і різноманітністю типів рослинності України, ступенем їхньої збереженості та порушення, різноманітністю екоотопів, ботаніко-географічними особливостями тощо (Zelena knyha..., 2009; Ustylenko et al., 2010; Ustylenko, Dubyna, 2012).

Найкращі умови для збереження раритетних фітоценозів існують у системі природно-заповідного фонду. За межами природоохоронних територій

раритетні фітоценози практично не охороняються. Тому офіційне видання Зеленої книги України матиме велике значення для розбудови проектованої екомережі України (Ekomerezhna ..., 2013; Ustymenko et al., 2018).

В Україні була започаткована практика видання Зелених книг та відбувся тривалий період становлення цієї нової ідеї, інтеграція її в науку, законодавство тощо. Як наукова монографія ЗКУ започаткувала появу низки правових документів. Вона має передбачену законодавством систему відповідальності за порушення вимог охорони раритетних угруповань. Також згідно із законодавством їхні місця виростання пріоритетно оголошуються територіями природно-заповідного фонду.

Слід також зазначити, що після майже 20 років успішного функціонування Зеленої книги у сфері охорони природи, з початку 2000-х років почалися дискусії, які ставили під певний сумнів її значущість та необхідність для синтаксономічної охорони рослинності (Holubets, 2006; Didukh, 2006; Kahalo, Prots, 2012). Аргументовані відповіді на дискусійні питання висвітлено в наукових публікаціях (Ustymenko et al., 2006; Shelyag-Sosonko, 2008). Як зазначав Ю.Р. Шеляг-Сосонко (Shelyag-Sosonko, 2008), геосозологія є водночас прикладною наукою, треба не лише декларувати, але й пройти шлях від ідеї розроблення концепції, теоретичного обґрунтування до опрацювання практичних заходів, зокрема відповідного законодавства та реалізації через профільний головний орган виконавчої влади в галузі охорони навколишнього природного середовища (Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України). Окрім практики, нині очевидним є розвиток теоретичних основ геосозології.

З огляду на щорічні втрати раритетних угруповань і враховуючи сучасний стан рослинності України, виникає питання – чи зможе природоохоронна справа чекати щонайменше 10 років, необхідних для переходу на нові системи, лише задля ширшого популярного розуміння європейськими ботаніками? Чи доцільніше їх зберігати на основі національної наукової методології, закладеної в українські нормативно-правові документи, і яка базується на баченні природного довкілля як складної системи. Методично досконалішою і необхіднішою для вирішення практичних завдань охорони рослинності на сьогодні є фітоценотична класифікація, оскільки фітоценози є фізіономічними, легко виділяються в польових умовах і, класифікуються в доступний

і зручний спосіб. Також ця класифікація може слугувати залученню до прикладних заходів фахівців галузей природокористування (лісівників, землевпорядників, агрономів та ін.) та широких кіл зацікавлених осіб. Тому, на нашу думку, необхідно передусім реалізувати на практиці вітчизняну систему збереження рослинності.

Зелена книга – це на даний час законодавчо закріплений механізм охорони раритетних фітоценозів та їхніх оселищ, що підлягають збереженню. Цей документ залишається чинним і підтримує послідовну правову традицію в галузі охорони біорізноманіття в Україні. Попереду розроблення та юридичне затвердження такс за незаконне знищення чи руйнування раритетних фітоценозів Зеленої книги України. Кожне раритетне рослинне угруповання має бути забезпечене синфітосозологічним паспортом.

На сьогодні вже підготовлене чергове видання Зеленої книги України. Авторами був проведений критичний аналіз синтаксономічного складу чинного раритетного фітоценофонду України та геоботанічних описів їхніх фітоценозів. Були виявлені методичні порушення їхнього виділення, а саме: невідповідність назв окремих асоціацій змісту геоботанічних описів, на підставі яких вони встановлені; виділення асоціацій на підставі поодиноких описів; порушення принципу синтаксономічної охорони; асоціації, встановлені на підставі дрібних фрагментів мозаїки рослинних угруповань; присвоєння рангу асоціації синтаксонам нижчого рангу (субасоціація, варіант асоціації); включення до переліку раритетного фітоценофонду синтаксонів, які зникли з їхніх місцевиростань через дію природних чи антропогенних чинників; асоціації, описані декілька десятків років тому, які не підтверджуються сучасними дослідженнями тощо. Загалом виявлено, що до складу чинного раритетного фітоценофонду України включено 134 асоціації, які були виділені з методичними порушеннями. Критичний аналіз чинного раритетного фітоценофонду, даних синфітосозологічних досліджень та новітньої геоботанічної інформації про раритетну фітоценотичну різноманітність дозволив установити сучасний раритетний фітоценофонд України. Нині він налічує 983 асоціації з 104 формацій. За синфітосозологічним статусом раритетний фітоценофонд України буде представлено 398 рідкісними асоціаціями, які підлягають охороні; 465 асоціаціями, що перебувають під загрозою зникнення і підлягають охороні; 120 типовими асоціаціями, які підлягають охороні. Міністерству

захисту довкілля та природних ресурсів України Інститутом ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України передано "Проект загального переліку синтаксонів для включення до другого видання Зеленої книги України", "Проект переліку синтаксонів, що пропонуються для виключення із Зеленої книги України" та "Проект переліку синтаксонів, що пропонуються для включення до другого видання Зеленої книги України". Після оприлюднення та колективного обговорення 2 лютого 2021 р. "Переліки" були затверджені наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за №368 від 17.12.2020 (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0130-21#Text>; <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0131-21#Text>) та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 1 лютого 2021 р. за № 130/35752.

Є очевидною необхідність законодавчого закріплення системної організації моніторингу за станом раритетних фітоценозів, екоконтролю, наукових засад збалансованого природокористування, відтворення угруповань, періодичності видань Зеленої книги України, тощо. Тому на часі прийняття Закону України "Про Зелену книгу України".

Предтечею до законодавчого статусу "Зеленої книги України" та в контексті другого її видання є підготовлені Інститутом ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України матеріали щодо нової редакції "Положення про Зелену книгу України". Здійснено корегування тексту книги, внесено зміни та уточнення, що сприятиме підвищенню якості виконання конкретних, ефективних заходів щодо збереження та відтворення раритетних угруповань.

Для більшої інформативності про раритетний синтаксон, його наукову та фітосозологічну цінність у наступному виданні ЗКУ будуть розширені дані за такими показниками: біноміальна наукова назва рослинної асоціації; відповідні синтаксони еколого-флористичної класифікації; синфітосозологічна категорія, статус угруповань; поширення в Україні; екоумови; біотоп; наукова ботанічна цінність; мотиви охорони; загальна фітоценотична характеристика; потенціал відновлюваності; забезпеченість збереження в природно-заповідному фонді, положення у системі екомережі; чинники негативного впливу; біотехнічні та созотехнічні рекомендації; основні джерела інформації; картосхема поширення угруповання.

У науковому аспекті вдосконалення схеми опису раритетних фітоценозів ЗКУ є однією із методологічних засад розвитку сучасної

синфітосозології в Україні, в прикладному – вони необхідні для розвитку організаційної складової охорони рослинного світу в нашій країні.

Отже, ідея збереження раритетного фітоценофонду є особливо актуальною для України, рослинний покрив якої зазнав істотних трансформацій, що призвело до збіднення фітоценофонду та погіршення процесу філоценогенезу. Впродовж останніх десятиліть цій проблемі були присвячені численні публікації, в яких обговорювалися методичні засади та практичні заходи. Тому злободенною і нагальною природоохоронною справою було, є і залишатиметься дослідження сучасного стану раритетного фітоценофонду країни, однією з ланок якого є, зокрема, і ведення Зеленої книги України. Водночас у майбутньому дискусійні питання мають бути спрямовані більшою мірою не на інтеграційні процеси, як це відбувається тепер, а на отримання істини та ефективних шляхів розв'язання проблеми синтаксономічної охорони. Також варто наголосити на важливості популяризації Зеленої книги України на міжнародних та національних екологічних форумах, серед студентів, учнів і широких верств населення, громадських організацій тощо. І координувати цей еколого-просвітницький рух мало би Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України.

Список посилань

- Čeřovský I. 1977. Ochrana rostlinného přírodního bohatství v kulturní krajině. *Památky i Příroda (Praha)*, 2: 97–103, 161–167, 252–232.
- Didukh Ya.P. 2006. *Ukrainian Botanical Journal*, 63(3): 432–439. [Дідух Я.П. 2006. Якою ж бути Зеленої книзі України? *Український ботанічний журнал*, 63(3): 432–439].
- Ekomezha stepovoi zony Ukrainy: pryntsyepy stvorennia, struktura, elementy*. 2013. Eds D.V. Dubyna, Ya.I. Movchan. Kyiv: LAT & K., 409 pp. [*Екомережа степової зони України: принципи створення, структура, елементи*. 2013. Ред. Д.В. Дубина, Я.І. Мовчан. Київ: LAT & K, 409 с.].
- Ehrlich P.R. 1988. The loss of diversity: causes and consequences. In: *Biodiversity*. Washington (D.C.): National Academies Press, pp. 21–27.
- Holubets M.A. 2006. *Ukrainian Botanical Journal*, 63(3): 422–432. [Голубець М.А. 2006. До питання про національну Зелену книгу. *Український ботанічний журнал*, 63(3): 422–432].
- Holubiev V.M. 1987. *Ukrainian Botanical Journal*, 44(2): 56–60. [Голубєв В.М. Рідкісні угруповання високогір'їв Криму та їх еколого-географічна структура. *Український ботанічний журнал*, 44(2): 56–60].

- Kahalo A.A., Prots B.H. 2012. In: *Oselyshchna kontsepsiia zberezhennia bioriznomanittia: bazovi dokumenty Yevropeiskoho Soiuzu*. Eds A.A. Kahalo, B.H. Prots. Lviv: ZUKTs, pp. 9–15. [Кагало О.О., Проць Б.Г. 2012. Принципи оселищної концепції збереження біорізноманіття та особливості її впровадження в Україні. В кн.: *Оселищна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу*. Ред. О.О. Кагало, Б.Г. Проць. Львів: ЗУКЦ, с. 9–15].
- Kovács M., Priszter Sz. 1977. Védelmet kívánó növényfajok és növénytársulásaink. *MTA Biológiai Tudományok Osztályának Közleményei*, 20: 161–194.
- Krasilov V.A. 1992. *Ohrana prirody: printsipy, problemy, priority*. Moscow, 174 pp. [Красилов В.А. 1992. *Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты*. Москва, 174 с.].
- Laschenkova A.N., Nepomilueva N.I. 1982. *Trudy Komi filiala AN SSSR*, 56: 28–36. [Лашенкова А.Н., Непомилуева Н.И. 1982. Редкие растительные сообщества Среднего Тимана, нуждающиеся в охране. В кн.: *Труды Коми филиала АН СССР*, 56: 28–36].
- Lavrenko E.M., Semenova-Tyan-Shanskaya A.M. 1969. *Botanicheskiy Zhurnal*, 8: 1269–1277. [Лавренко Е.М., Семенова-Тян-Шанская А.М. 1969. Программатическая структура по организации охраны ботанических объектов. *Ботанический журнал*, 8: 1269–1277].
- Martynenko V.B., Baisheva E.Z., Mirkin B.M., Shirokih P.S., Muldashev A.A. 2013. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 15(3–4): 1364–1367. [Мартыненко В.Б., Баишева Э.З., Миркин Б.М., Широких П.С., Мулдашев А.А. 2013. О системе критериев оценки растительных сообществ для разработки региональной Зеленой книги. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 15(3–4): 1364–1367].
- Menedzhment okhoronnykh lisiv Ukrainy*. 2003. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 299 pp. [Менеджмент охоронних лісів України. 2003. Київ: Фітосоціоцентр, 299 с.].
- Milkina L.I. 1975. *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva*, 6: 458–459. [Милкина Л.И. 1975. Географические основы заповедного дела. *Известия Всесоюзного географического общества*, 6: 458–459].
- Milkina L.I. 1984. *Ukrainian Botanical Journal*, 41(4): 10–14. [Милкина Л.И. 1984. Рідкісні листяні лісові угруповання Карпатського державного природного парку. *Український ботанічний журнал*, 41(4): 10–14].
- Milkina L.I. 1985. *Ukrainian Botanical Journal*, 42(1): 77–78. [Милкина Л.И. 1985. Нові місцезнаходження *Syringa josikaea* Jacq. в Українських Карпатах. *Український ботанічний журнал*, 42(1): 77–78].
- Moravec J., Balátová E., Hadač E., Hejný S., Jeník J., Kolbek J., Kopecký K., Krahulec F., Kropáč Z., Neuhäusel R., Rybníček K., Vieherek J. 1983. Rostlinná společenstva České socialistické republiky a jejich ohrožení. *Severočeskou přírodou (Litoměřice)*, Příloha 1983: 1–110.
- Popovych S.Yu. 2002. *Synfitosozolohiia lisiv Ukrainy*. Kyiv: Akadempriodyka, 228 pp. [Попович С.Ю. 2002. Синфітосозологія лісів України. Київ: Академперіодика, 228 с.].
- Red data book of plant communities in the former USSR*. 1997. Birmingham: Templar Print & Design Ltd., 70 pp.
- Saksonov S.V., Lyisenko T.M., Ilina V.N., Koneva N.V., Lobanova A.V., Matveev V.I., Mitroshenkova A.E., Simonova N.I., Soloveva V.V., Ujametskaya E.A., Yuritsyna N.A. 2006. *Zelenaya kniga Samarskoy oblasti: redkie i ohranyaemye rastitelnyie soobshchestva*. Eds S. Rozenberg, S.V. Saksonov. Samara: SmarNTSRAN, 201 pp. [Саксонов С.В., Лысенко Т.М., Ильина В.Н., Конева Н.В., Лобанова А.В., Матвеев В.И., Митрошенкова А.Е., Симонова Н.И., Соловьева В.В., Ужамецкая Е.А., Юрицына Н.А. 2006. *Зеленая книга Самарской области: редкие и охраняемые растительные сообщества*. Самара: СмРНЦРАН, 201 с.].
- Semenova-Tyan-Shanskaya A.M. 1981. *Botanicheskiy Zhurnal*, 66(7): 1060–1067. [Семенова-Тян-Шанская А.М. 1981. Режим охраны растительного покрова заповедных территорий. *Ботанический журнал*, 66(7): 1060–1067].
- Sheliah-Sosonko Yu.R. 2008. *Ukrainian Botanical Journal*, 65(2): 274–288. [Шеляг-Сосонко Ю.Р. 2008. Стан рослинності – головна проблема світової спільноти. *Український ботанічний журнал*, 65(2): 274–288].
- Sheliah-Sosonko Yu.R., Ustymenko P.M., Popovych S.Yu., Vakarenko L.P. 2002. *Zelena knyha Ukrainy. Lisy*. Kyiv: Naukova Dumka, 256 pp. [Шеляг-Сосонко Ю.Р., Устименко П.М., Попович С.Ю., Вакаренко Л.П. 2002. *Зелена книга України. Ліси*. Київ: Наукова думка, 256 с.].
- Shelyag-Sosonko Yu.R., Andrienko T.L. 1983. In: *Doklady VII delegatskogo syezda Vsesoyuznogo botanicheskogo obshchestva*. Leningrad: Nauka, pp. 307. [Шеляг-Сосонко Ю.Р., Андриенко Т.Л. 1983. Принципы и структура книги редких сообществ растительности Украины (Зеленой книги). В кн.: *Доклады VII делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества*. Ленинград: Наука, с. 307].
- Shelyag-Sosonko Yu.R., Emelyanov I.G. 1997. *Ekologiya ta noosferologiya*, 3(1–2): 131–140. [Шеляг-Сосонко Ю.Р., Емельянов И.Г. 1997. Экологические аспекты концепции биоразнообразия. *Екологія та ноосферологія*, 3(1–2): 131–140].
- Stoiko S.M. 1977. *Karpatam zelenity vichno*. Uzhhorod: Karpaty, 175 pp. [Стойко С.М. 1977. *Карпатам зеленіти вічно*. Ужгород: Карпати, 175 с.].
- Stoiko S.M. 1982a.. In: *Flora i roslynnist Karpatkoho zapovidnyka*. Kyiv: Naukova Dumka, pp. 5–30. [Стойко С.М. 1982а. Біогеоценологічні основи заповідної справи, охорони фітоценофунду і фітоценофунду. В кн.: *Флора і рослинність Карпатського заповідника*. Київ: Наукова думка, с. 5–30].

- Stoyko S.M. 1982b. In: *Ohrana rastitlnykh soobschestv redkih i nahodyaschihsya pod ugrozoy ekosistem: materialy I Vsesoyuznoi konferentsii po ohrane redkih rastitelnykh soobschestv*. Moscow, pp. 5–7. [Стойко С.М. 1982b. Категоризация редких, уникальных и типичных фитоценозов и их интегральная соэкологическая оценка. В кн.: *Охрана растит. сообществ редких и находящихся под угрозой экосистем: материалы I Всесоюзной конференции по охране редких растительных сообществ*. Москва, с. 5–7].
- Stoyko S.M. 1983. *Botanicheskij Zhurnal*, 68(11): 1574–1583. [Стойко С.М. 1983. Экологические основы охраны редких, уникальных и типичных фитоценозов. *Ботанический журнал*, 68(11): 1574–1583].
- Stoiko S.M., Sheliah-Sosonko Yu.R. 2005. *Ukrainian Botanical Journal*, 62(5): 611–623. [Стойко С.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р. 2005. Раритетный фитоценофонд України та концепція національної Зеленої книги. *Український ботанічний журнал*, 62(5): 611–623].
- Ustyomenko P.M., Dubyna D.V., Popovych S.Yu., Vakarenko L.P. 2006. *Ukrainian Botanical Journal*, 63(3): 440–447. [Устименко П.М., Дубина Д.В., Попович С.Ю., Вакаренко Л.П. 2006. Зелена книга України: дискусійні питання і реальність. *Український ботанічний журнал*, 63(3): 440–447].
- Ustyomenko P.M., Dubyna D.V., Vakarenko L.P. 2010. *Ukrainian Botanical Journal*, 67(1): 16–22. [Устименко П.М., Дубина Д.В., Вакаренко Л.П. 2010. Раритетний фитоценофонд України: структура та аналіз. *Український ботанічний журнал*, 67(1): 16–22].
- Ustyomenko P.M., Sheliah-Sosonko Yu.R., Vakarenko L.P. 2007. *Rarytetnyi fitotsenofond Ukrainy*. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 268 pp. [Устименко П.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Вакаренко Л.П. 2007. *Раритетний фитоценофонд України*. Київ: Фітосоціоцентр, 268 с.].
- Ustyomenko P.M., Dubyna D.V. 2012. *Botanicheskij Zhurnal*, 97(5): 664–675. [Устименко П.М., Дубина Д.В. 2012. Зелена книга України – важний державний документ в справі охорони синтаксонов. *Ботанический журнал*, 97(5): 664–675].
- Ustyomenko P.M., Dubyna D.V., Movchan Ya.I., Davydov D.A., Yakubenko B.Ye. 2018. *Rarytetnyi fitotsenofond Lisostepu Ukrainy v konteksti formuvannya ekomerezhi: monohrafiya*. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 520 pp. [Устименко П.М., Дубина Д.В., Мовчан Я.І., Давидов Д.А., Якубенко Б.Є. 2018. *Раритетний фитоценофонд Лісостепу України в контексті формування екомережі*. Київ: Видавництво Ліра-К, 520 с.].
- Vasileva V.D., Vorontsova L.I., Lomakina G.A., Stepanov V.P. 1980. In: *Ohrana redkih rasteniy i fitotsenozov*. Moscow: Nauka, pp. 5–14. [Васильева В.Д., Воронцова Л.И., Ломакина Г.А., Степанов В.П. 1980. Некоторые вопросы охраны редких и исчезающих растительных сообществ. В кн.: *Охрана редких растений и фитоценозов*. Москва: Наука, с. 5–14].
- Vernadskiy V.I. 1967. *Biosfera*. Moscow: Myisl, 376 pp. [Вернадский В.И. 1967. *Биосфера*. Москва: Мысль, 376 с.].
- Vtorov P.P., Stepanov V.P. 1978. *Priroda*, 8: 60–69. [Второв П.П., Степанов В.П. 1978. Ценность экологического разнообразия и охрана естественных биотических сообществ. *Природа*, 8: 60–69].
- Yablokov A.V., Ostroumov S.A. 1985. *Urovni ohrany zhivoy prirody*. Moscow: Nauka, 175 pp. [Яблоков А.В., Остроумов С.А. 1985. *Уровни охраны живой природы*. Москва: Наука, 175 с.].
- Yurtsev V.A. 1992. In: *Biologicheskoe raznoobrazie: podhody k izucheniyu i sohraneniyu*. St. Petersburg: ZIN RAS, pp. 7–21. [Юрцев В.А. 1992. Биологическое разнообразие в фокусе внимания международного сообщества. В кн.: *Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН, с. 7–21].
- Zelenaya kniga Ukrainy SSR: Redkie, ischezayushchie i tipichnyie nujdayushchiesya v ohrane rastitelnyie soobschestva*. 1987. Ed. Yu.R. Shelyag-Sosonko. Kiev: Naukova Dumka, 216 pp. [*Зеленая книга Украинской ССР: Редкие, исчезающие и типичные нуждающиеся в охране растительные сообщества*. 1987. Ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко. Киев: Наукова думка, 216 с.].
- Zelenaya kniga Sibiri: redkie i nujdayushchiesya v ohrane rastitelnyie soobschestva*. 1996. Novosibirsk: Nauka, 396 pp. [*Зеленая книга Сибири: редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества*. 1996. Новосибирск: Наука, 396 с.].
- Zelena knyha Ukrainy*. 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Alterpress, 448 pp. [*Зелена книга України*. 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Альтерпрес, 448 с.].
- Zelenaya kniga Bryanskoy oblasti (rastitelnyie soobschestva, nujdayushchiesya v ohrane)*. 2012. Ed. A.D. Bulohov. Bryansk: GUP Bryanskoye oblastnoye poligraficheskoye Ob'yedinenie, 144 pp. [*Зеленая книга Брянской области (растительные сообщества, нуждающиеся в охране)*. 2012. Ред. А.Д. Булохов. Брянск: ГУП Брянск. обл. полигр. Объединение, 144 с.].

Рекомендує до друку Є.Л. Кордюм

Дубина Д.В., Устименко П.М., Ткаченко В.С., Попович С.Ю., Вакаренко Л.П. 2021. **35 років зеленій книзі України: історія, проблеми, рішення.** *Український ботанічний журнал*, 78(5): 335–346.

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна; Д.В. Дубина, П.М. Устименко, В.С. Ткаченко, Вакаренко Л.П. Національний університет біоресурсів і природокористування, вул. Героїв Оборони 19, Київ 03041, Україна; С.Ю. Попович.

Реферат. Стаття присвячена 35-річчю виходу в світ першого видання Зеленої книги України, яке стало помітною подією в 100-річній історії наукової діяльності Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, у стінах якого була розроблена ідеологія та науково-методологічні засади її створення. Підведені підсумки історії функціонування Зеленої книги України, висвітлено передумови формування ідей охорони фітоценотичної різноманітності. Наголошено на проблемних і дискусійних питаннях ведення Зеленої книги та окреслені завдання на майбутнє. Аналізуються методологічні підходи до розв'язання проблеми охорони природних об'єктів. Наголошується, що вирішення проблем охорони біорізноманіття базується на популяційно-видовому і екосистемному підходах, а основною формою охорони рослинного світу є організація збереження рослинних угруповань, які виступають фітоценотичною матрицею поширення ценопопуляцій рослин. Висвітлюється втілення наукових засад Зеленої книги України в прийнятих законодавчих та нормативно-правових документах України. Проведено критичний аналіз синтаксономічного складу чинного раритетного фітоценофонду України та визначено 983 асоціації 104 формацій, які будуть взяті за основу нового видання Зеленої книги України. Авторами пропонується спрямувати наукові дискусії не на інтеграційні процеси, як це відбувається тепер, а на отримання ефективних шляхів розв'язання проблеми синтаксономічної охорони. Відзначається важливість популяризації Зеленої книги України серед широких верств населення, громадських організацій та на міжнародних екологічних форумах.

Ключові слова: Зелена книга України, раритетні фітоценози, історія охорони фітоценорізноманітності, природоохоронне законодавство



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.347>

REVIEW ARTICLE

Роль епігенетичної регуляції в адаптивній пластичності рослин

Слизова Л. КОРДЮМ* , Дмитро В. ДУБИНА 

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

Abstract. In recent decades, knowledge about the role of epigenetic regulation of gene expression in plant responses to external stimuli and in adaptation of plants to adverse environmental fluctuations have extended significantly. DNA methylation is considered as the main molecular mechanism that provides genomic information and contributes to the understanding of the molecular basis of phenotypic variations based on epigenetic modifications. Unfortunately, the vast majority of research in this area has been performed on the model species *Arabidopsis thaliana*. The development of the methylation-sensitive amplified polymorphism (MSAP) method has made it possible to implement the large-scale detection of DNA methylation alterations in wild non-model and agricultural plants with large and highly repetitive genomes in natural and manipulated habitats. The article presents current information on DNA methylation in species of natural communities and crops and its importance in plant development and adaptive phenotypic plasticity, along with brief reviews of current ideas about adaptive phenotypic plasticity and epigenetic regulation of gene expression. The great potential of further studies of the epigenetic role in phenotypic plasticity of a wide range of non-model species in natural populations and agrocenoses for understanding the molecular mechanisms of plant existence in the changing environment in onto- and phylogeny, directly related to the key tasks of forecasting the effects of global warming and crop selection, is emphasized. Specific taxa of the Ukrainian flora, which, in authors' opinion, are promising and interesting for this type of research, are recommended.

Keywords: adaptation, DNA methylation, epigenetic regulation, phenotypic plasticity

Article history. Submitted 06 September 2021. Revised 06 October 2021. Published 29 October 2021

Citation: Kordyum E.L., Dubyna D.V. 2021. The role of epigenetic regulation in adaptive phenotypic plasticity of plants. *Ukrainian Botanical Journal*, 78(5): 347–359 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.347>

Affiliation. M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine: E.L. Kordyum, D.V. Dubyna

*Corresponding author (e-mail: cellbiol@ukr.net)

Вступ

За сучасних умов антропогенного пресингу на біосферу та глобальних змін клімату, першочерговою проблемою теоретичної та експериментальної біології є пізнання механізмів функціональних взаємовідносин рослин із зовнішнім середовищем, що забезпечують їхній ріст, розвиток, репродукцію та поширення в різноманітних регіонах світу. Зміни клімату істотно впливають на умови існування біотопів, до яких рослини, що ведуть

переважно нерухомий спосіб життя, повинні швидко адаптуватися. Вважається, що фенотипічна пластичність, тобто поява нових стабільних фенотипів шляхом епігенетичних модифікацій, є основою для виживання та збереження популяцій, а також одним з ключових елементів еволюції та екологічних взаємовідношень видів у біотопах (Peng, Zhang, 2009; Herrera, Bazaga, 2013; Schrey et al., 2013; Richards et al., 2017; Thiebaut et al., 2019; Miryeganeh, Saze, 2020).

© 2021 E.L. Kordyum, D.V. Dubyna. 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

Головним джерелом фенотипічної пластичності припускається широке поширення у рослин епігенетичних механізмів регуляції розвитку, тобто висока пластичність епігеному порівняно з геномом і одночасно достатня стабільність епігеному для передачі адаптивних змін у поколіннях. Різке підвищення епігенетичної різноманітності в популяціях рослин в умовах несприятливих змін довкілля спостерігається на практично незмінному генетичному тлі. Відомі численні спонтанні природні та експериментальні епімутації, які мають видимі фенотипічні прояви і стабільно успадковуються в поколіннях рослин. Принципова відмінність епімутацій від класичних мутацій – їхня зворотність. Така мінливість, як припускається, дозволяє рослинам адаптуватися до мінливих умов навколишнього середовища в часі, занадто короткому для виникнення адаптивних мутацій (Lachmann, Jablonka, 1996; Brautigam et al., 2013; Meyer, 2015; Ashapkin et al., 2016; Lebedeva et al., 2017). Метилування цитозину ДНК розглядається як основний молекулярний механізм, що забезпечує важливу геномну інформацію та сприяє розумінню молекулярних основ фенотипічних варіацій на основі епігенетичних модифікацій в еукаріотичних організмах, хоча рівні та закономірності метилування ДНК істотно відмінні у різних організмів (Saze et al., 2003; Peng, Zhang, 2009; Downen et al., 2012; Herman, Sultan, 2016; Zhang et al., 2018; Kumar, Mohapatra, 2021).

Протягом останніх років відбувся величезний прогрес у розумінні ролі епігенетичної регуляції реакцій рослин на зовнішні стимули, особливо на стресові чинники, але, на жаль, переважна більшість досліджень в цьому напрямі була виконана на модельному об'єкті *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Riddle, Richards, 2002; Cervera et al., 2003; Zilberman, Henikoff, 2005; Zhang et al., 2006; Vaughn et al., 2007; Jiang et al., 2014; et al., 2015). Тому інформація щодо реакцій видів рослин природної флори на зміни довкілля залишалася обмеженою.

Нові можливості для вивчення метилування ДНК у дикорослих рослин із несеквенованим геномом в екологічному аспекті за природних умов та під впливом несприятливих змін зовнішнього середовища надала розробка методу, чутливого до метилування ампліфікованого поліморфізму (methylation-sensitive amplified polymorphism, MSAP), який є модифікацією методу поліморфізму ампліфікованої довжини фрагментів (amplified fragment length polymorphism,

AFLP) (Reyna-López et al., 1997) і вперше був використаний серед рослин для ідентифікації змін метилування цитозину в геномі *Oryza sativa* L. (Xiong et al., 1999). Метод MSAP включає візуалізацію в гелі продуктів полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) від селективно ампліфікованої ДНК, які розщеплюються за допомогою чутливих до метилування ферментів рестрикції. Удосконалений метод MSAP-Seq базується на звичайному аналізі маркерів MSAP і використовує всі основні етапи, такі як розщеплення чутливим до метилування ферментом рестрикції, зшивання універсальних адаптерів та ПЛР. Однак традиційне розділення ампліконів на основі гелю замінюється прямим NGS-секвенуванням (next generation sequencing, NGS) вибірковок фракцій геному. Результати оцінки ступеня та характеру метилування цитозину в геномі проростків *Hordeum vulgare* L. при дії водного дефіциту (Chwialkowska et al., 2016, 2017) із використанням такого методу продемонстрували його високу ефективність для широкомасштабного виявлення метилування ДНК у дикорослих немодельних та сільськогосподарських рослин з великими та складними геномами (Chwialkowska et al., 2017). Відмічається, що MSAP-Seq настільки ж простий, як добре відомий та звичайний MSAP, але, використовуючи найсучаснішу технологію NGS, він дозволяє проводити високопродуктивний та прямий аналіз модуляції метилування ДНК на сотнях тисяч сайтів. На відміну від традиційного MSAP, він дозволяє кількісно визначати зміни метилування ДНК, їхню безпосередню локалізацію та легко регулювати кількість отриманих послідовностей (Chwialkowska et al., 2019). За допомогою методів MSAP і MSAP-Seq в останні роки поповнилася база даних щодо значного поліморфізму метилування ДНК у рослин природних біотопів і агроценозів на популяційному та внутрішньо популяційному рівнях (Schulz et al., 2013; Trucchi et al., 2016; Thiebaut et al., 2019; Guarino et al., 2019, 2020).

Метою статті є узагальнення поточної інформації щодо участі метилування ДНК у реакціях дикорослих та культивованих рослин на дію стресових абіотичних чинників та вкладу епігеному в адаптацію природних популяцій до несприятливих змін довкілля із короткими оглядами сучасних уявлень щодо адаптивної фенотипічної пластичності та епігенетичної системи регуляції генної експресії, а також перспективних об'єктів для подальших досліджень у цих напрямках.

Фенотипічна пластичність

Фенотипічна пластичність, тобто здатність генотипу змінювати свою експресію та реалізуватися у різних фенотипах у відповідь на різноманітні зовнішні впливи, зумовлює пристосування організмів до часових та просторових варіацій зовнішнього середовища. Фенотипічний прояв змін в експресії генів визначається вже на рівні транскрипції, а також процесингу РНК і трансляції та охоплює надзвичайно широке коло екологічно важливих ознак – мікроморфологічних, фізіолого-біохімічних, особливості біології розвитку, час переходу до репродуктивної фази, системи розмноження та розвиток нащадків (Bradshaw, 1965; Singer, Berg, 1991; Sultan, 2000, 2003; Schlichting, Smith, 2002; Kordyum et al., 2003; Pigliucci, 2005; Kelly et al., 2012). Висунута модулярна концепція фенотипічної пластичності, за якою зміни в експресії ознак, що виникають під час росту й розвитку, а також під впливом зовнішнього середовища, відбуваються на рівні модулів (Kroon et al., 2005). Пластичність цілісного організму є проявом усіх відповідей окремих модулів і взаємодії між ними.

На сьогодні ведуться широкі теоретичні та експериментальні дослідження фенотипічної пластичності в популяціях, на міжпопуляційному та міжвидовому рівнях з метою з'ясування її значення в еволюції, спеціалізації, динаміці популяцій і виживання в гетерогенному середовищі (Abakumova et al., 2016; Schneider, Meyer, 2017; Mizutani, Kanaoka, 2018). Наголошується, що уявлення про пластичність як загальне біологічне явище потребує особливої уваги до її екологічних аспектів, оскільки припускається істотний вплив пластичності організмів на стабільність і локальне різноманіття популяцій та угруповань шляхом впливу на перенос енергії, вуглецеві цикли, число трофічних рівнів, кругообіг поживних речовин та первинну продуктивність. Підкреслюється перспективність досліджень пластичності в екологічному аспекті для подальшого розуміння як механізмів відповідей організмів на дію чинників абіотичного та біотичного оточення, так і впливу цих відповідей на взаємовідношення організмів між собою та довкіллям (Sultan, 2003; Miner et al., 2005; Aubin-North, Renn, 2009; Dubyna, Kordyum, 2015; Kordyum, Dubyna, 2019; Eriksson et al., 2020).

Вважалося, що фенотипічна пластичність здійснюється в межах норми реакції на основі метаболічної та гормональної регуляції експресії

генів і забезпечує два напрями адаптаційного процесу: (1) швидку аклімацію у відповідь на добові та сезонні флуктуації екологічних факторів та (2) тривалу адаптацію до помірної хронічної дії несприятливих змін екологічних факторів. Як ми вже відзначали, останнім часом наголошується, що ключем до пластичності реакцій рослин на сигнали зовнішнього середовища має бути епігенетична система як частина передачі сприйнятого зовнішнього сигналу до змін в генній експресії, що має потенціал зберігати стійку пам'ять через численні клітинні покоління (рис. 1) (Kordyum, 2012). Слід взяти до уваги, що шляхи сприйняття і трансдукції зовнішніх сигналів у рослин складають основу не лише для включення цих зовнішніх сигналів у здійснення нормальних шляхів їхнього розвитку та життєдіяльності, але одночасно й адаптивних відповідей на несприятливі зміни екологічних чинників, яких вони не можуть уникнути внаслідок відсутності мобільності (Kuiper, 1998). Саме ці особливості реакцій рослинних організмів на зовнішні чинники зумовлюють складність епігенетичних систем рослин та їхні унікальні складові.

Епігенетична регуляція генної експресії

Термін "епігенетика" походить від грецького "epigenesis" (epi – над, зверху, після і genesis – виникнення) і був уведений К. Уодінгтоном у 1940-і роки. Сьогодні загальноприйняте визначення епігенетики як області дослідження змін у функціонуванні генів, які успадковуються через мітоз, можливо, мейоз, але не включають змін у послідовності нуклеотидів ДНК. Сучасні ідеї щодо епігенетичних систем регуляції експресії генів висвітлено в численних статтях та оглядах (Grant-Downton, Dickinson, 2005; Zhang, 2008; Tomilin, 2009; Kinoshita, Seki, 2014; Köhler, Springer, 2017; Eriksson et al., 2020). Тому ми лише нагадаємо, що як складові епігенетичних систем регуляції генної експресії розглядаються метилування/деметилування ДНК, модифікації гістонів і малі некодуєчі РНК (інтерферуючі РНК, мікроРНК). Загальним для кожного з цих шляхів регуляції експресії генів є відсутність білкового продукту відповідного гена, що викликає зміну функції або долі клітини. Метилування ДНК вважається найстабільнішим механізмом епігенетичного контролю транскрипції, тобто рівня інформаційної РНК, і розглядається як основний механізм запису і збереження епігенетичної інформації. Найбільш загальним місцем метилування ДНК є основа цитозин (C), за яким безпосередньо



Рис. 1. Схема стратегії адаптації рослин в онтогенезі (за Kordyum, 2012, зі змінами)
Fig. 1. Scheme of plant adaptation strategy in ontogenesis (from Kordyum, 2012, modified)

розташований гуанін (G). Така комбінація пари основ відома як CG, а також сайти CHG і CHH, де H – це аденін або тимін. Механізми метилування цих сайтів різні і включають функціональну активність різних ДНК-метилтрансфераз і допоміжних факторів, що багато в чому визначає специфічність метилування локусів генома.

Для рослин, порівняно з тваринами, характерний більший набір ДНК-метилтрансфераз, за допомогою яких відбувається метилування цитозину. Підвищення рівня метилування веде до зменшення або повного пригнічення експресії гена, а зниження – до підвищення рівня експресії. Як відмічалось, первинна структура гена при цьому не змінюється:

ген з метильованими основами кодує той самий білок, що й немодифікований. Характер метилування генома у рослин успадковується не тільки в поколіннях клітин, які діляться, але й в значній мірі в поколіннях цілих рослин.

Хрестоматійним прикладом епімутації є описане К. Ліннеєм формування актиноморфних (пілоричних) квіток, яке успадковується у *Linaria vulgaris* Mill. (рослини із зигоморфними квітками) внаслідок, як пізніше було встановлено, мовчання гена *Lcyc* - природно гіперметильованого гомолога гена *cycloidea*, який контролює симетрію квітки (Cubas et al., 1999). Встановлено, що мовчання *Lcyc*-гена викликано не мутацією в нуклеотидній послідовності ДНК, а



Рис. 2. *Linaria vulgaris* L. Спонтанна епімутація: спадкове мовчання гена *Lcyc*, який контролює симетрію квітки, за Cubas et al., 1999. А: зигоморфна квітка; В: пілорична квітка

Fig. 2. *Linaria vulgaris* L. Spontaneous epimutation: hereditary silence of the *Lcyc* gene, which controls the symmetry of a flower, according to Cubas et al., 1999. A: zygomorphic flower; B: pyloric flower

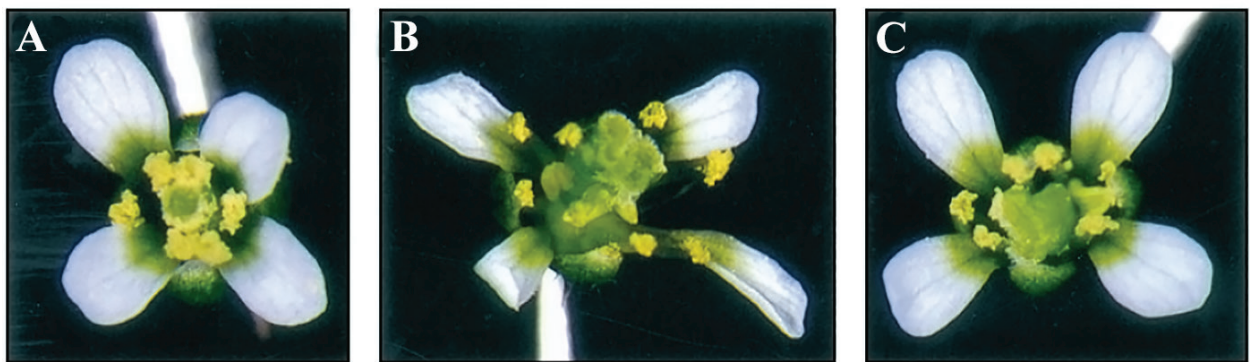


Рис. 3. Квітка *Arabidopsis thaliana* дикого типу із 6-ма тичинками та двома зрощеними плодолистками, які утворюють маточку (А). Квітка епімутанта із 11-ма тичинками та 3-ма не повністю зрощеними плодолистками (В). Квітка епімутанта із 9-ма тичинками і 3-ма не повністю зрощеними плодолистками (С) (за Jacobsen, Meyerowitz, 1997)

Fig. 3. Wild *Arabidopsis thaliana* flower with 6 stamens and two fused carpels forming a pistil (A). Epimutant flower with 11 stamens and 3 incompletely fused carpels (B). Epimutant flower with 9 stamens and 3 incompletely fused carpels (C) (according to Jacobsen, Meyerowitz, 1997)

стабільною передачею рівня метилування ДНК в цьому гені від покоління до покоління (рис. 2). Точний механізм спонтанного виникнення цієї епімутації невідомий. Відомим прикладом є також мовчання гена SUPERMAN у *Arabidopsis thaliana*, внаслідок чого збільшується кількість функціональних тичинок і плодолистків (Jacobsen, Meyerowitz, 1997) (рис. 3).

Як ми вже зазначали, метилування ДНК і мовчання генів значною мірою є динамічними протягом онтогенезу рослин, і під впливом зовнішніх факторів відбуваються зміни в рівні метилування ДНК, що, як припускається, є головним джерелом фенотипічної пластичності рослин.

Ключова роль епігенетичних змін у функціонуванні генів при адаптації рослин до постійних флуктуацій екологічних чинників зумовлюється особливостями біології рослин, а саме: значним поширенням вегетативного розмноження кореневищами, цибулинами, бульбами, бульбоцибулинами, повзучими пагонами, виводковими бруньками, маленькими рослинками, які формуються на надземних органах (живородні рослини); модульністю організації та необмеженим ростом, коли корені, листки та квітки безперервно утворюються на рослині протягом її життєвого циклу; щорічним приростом дерев та кущів, наявністю таких форм апоміксису, як апоспорія та адвентивна ембріонія, що, як здається, домінує в багатьох багаторічників, але насправді, лише в поєднанні з насіннєвим розмноженням, забезпечує стійкість популяції та виду в цілому; і нарешті, індивідуальною мінливістю особин у популяції. Особливо слід підкреслити успадкування епігенетичної інформації при вегетативному розмноженні, тобто у клонованих рослин (Verhoeven, Preite, 2014; Latzel et al., 2016), що разом із обміном інформацією та координацією між з'єднаними раметами забезпечує екологічні та еволюційні переваги клонованим рослинам. Нижче наводяться результати досліджень метилування ДНК у рослин, які зростали в різних умовах довкілля та експерименту із використанням методів MSAP і MSAP-Seq.

Поліморфізм метилування ДНК у видів природної флори та сільськогосподарських культур

Яскравими прикладами обумовлення екологічної різноманітності видів епігенетичною регуляцією генної експресії у відповідь на зовнішні стимули можуть бути, в першу чергу, результати досліджень ступеня та закономірностей метилування цитозину в природних популяціях *Viola cazortensis* Gand. і *V. elatior* Fr. (Herrera, Bazaga, 2008, 2010; Schulz et al., 2014), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. (Lira-Medeiros et al., 2010) та *Pinus pinea* L. (Sáez-Laguna et al., 2014). *Viola cazortensis* – багаторічна ендемічна рослина південного сходу Іспанії, росте на вапнякових відслоненнях сусідніх гірських хребтів, як правило, у вигляді окремих популяцій від кількох десятків до кількох тисяч репродуктивних особин, розділених кількома кілометрами непридатного середовища для її існування – різні типи хвойних та змішаних лісів (Herrera, Bazaga, 2008, 2010). Виявлено статистично значущі коливання в пропорції

метильованих та неметильованих локусів ДНК, тобто значну епігенетичну диференціацію у цього виду на міжпопуляційному та внутрішньопопуляційному рівнях. Показано вирішальну роль метилування ДНК у рослин двох популяцій виду *V. elatior* з контрастними умовами існування – освітлених заплавних лук та тінистих алювіальних лісових узбіч – у відповіді на зміну умов освітлення. Епігенетична регуляція генної експресії забезпечує швидке пристосування популяцій рослин до динамічних умов навколишнього середовища, таким чином компенсуючи відносно повільний час реакції генетичних адаптацій (Schulz et al., 2014).

Поліморфізм метилування ДНК виявлено у двох природних популяцій мангрових рослин *Laguncularia racemosa*, які ростуть у сусідніх районах, але з різним режимом впливу солоної води, та відрізняються за фенотипом (Lira-Medeiros et al., 2010). Рослини, які росли поблизу солончаку, та їхні листки відрізнялися значно меншими розмірами порівняно з особинами, які росли вздовж берегів річки. Кількість локусів з метильованими зразками у рослин з першої популяції також була вдвічі меншою порівняно з рослинами з другої популяції. На думку авторів, зміни метилування можуть бути пов'язані з гетерогенністю середовища, тобто коли епігенетичні варіації в природних популяціях рослин зумовлюються зовнішніми чинниками. У той же час дуже незначні варіації послідовності нуклеотидів ДНК мали місце у тих самих популяцій, що посилювало роль епігенетичних варіацій в адаптації рослин. Високі рівні метилування цитозину та його варіації були характерні для сіянців *Pinus pinea* з п'яти природних популяцій Іспанії, особливо з регіонів із контрастним кліматом: Тордесільяс – холодніший континентальний клімат і Богарра – помірний середземноморський. Припускається потенційна роль метилування цитозину в регуляції експресії генів, що поряд з варіаціями фенотипічних ознак сприяє адаптації цього виду до різних умов довкілля (Sáez-Laguna et al., 2014). Подібні високі рівні метилування ДНК виявлено у дикорослого виду ячменю *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link. (Li et al., 2008). Показано, що екологічна різноманітність близько споріднених алотетраплоїдних видів орхідей *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut. ex Rchb.) Soó, *D. eбудensis* (Wief. ex R.M.Bateman & Denholm) P.Delforge та *D. majalis* (Rchb.) P.F.Hunt & Summerh. зумовлюється змінами профілів метилування ДНК під впливом умов навколишнього середовища, в

першу чергу, водним і температурним режимами (Paun et al., 2010). Дослідження потомства з 12 генетичних ліній *Persicaria maculosa* Gray (*Polygonum persicaria* L.), відібраних з природних популяцій, які вирощували в сухому та вологому ґрунті, довели, що саме метилування цитозину опосередковує передачу наступним поколінням адаптивної пластичності батьківських рослин у відповідь на посуху (Herman, Sultan, 2016). На підставі змін профілів метилування ДНК у двох генотипів *Vicia faba* L. із контрастним рівнем стійкості до посухи при дії водного стресу припускається регуляторна роль епігенетичних змін в усьому геномі у відповідях рослин цього виду на посуху та на інші екологічні чинники (Abid et al., 2017).

При вивченні інвазивного виду *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (*Amaranthaceae* s. str.), який може колонізувати як водні, так і наземні середовища існування, виявлено значний поліморфізм метилування ДНК і/або різноманітність локусів, сприйнятливих до метилування, порівняно з неметильованими локусами на міжпопуляційному рівні (Gao et al., 2010). Зміни метилування в реакції рослин *A. philoxeroides* на різну доступність води, на думку авторів, вказують на екологічну чутливість епігенетичної системи, а значні фенотипічні варіації у рослин цього виду із різних місць зростання свідчать про кореляцію між епігенетичним перепрограмуванням та зворотною фенотипічною реакцією на певні фактори навколишнього середовища (Gao et al., 2010). Встановлено, що пристосування інвазивного в Японії *Polygonum aviculare* L. до нових умов існування більше корелює зі значними варіаціями метилування ДНК, ніж зі змінами в послідовності нуклеотидів ДНК, тобто деякі епігенетичні локуси можуть відповідати на умови локальних мікроселищ. Припускається, що епігенетична регуляція сприяє фенотипічній пластичності інвазивних популяцій (Richards et al., 2012). Показано надзвичайно низьке генетичне різноманіття спонтанних популяцій *Arundo donax* L. на о. Сардинія, у Північній та Південній Італії і в той же час зростання рівнів і поліморфізму метилування ДНК у цих популяціях. Зазначений вид походить із Східної та Південної Азії, але добре поширюється лише вегетативно по всьому світу. На думку авторів, висока інвазивна здатність *A. donax*, принаймні частково, може бути обумовлена епігенетичними варіаціями і, таким чином, різний стан метилування ДНК може мати суттєве біологічне значення, зокрема,

у випадку інвазивних клональних рослин, таких як *A. donax* (Guarino et al., 2019).

Порівняльний аналіз поліморфізму метилування ДНК у рослин дикого виду сої (*Glycine soja* Siebold & Zucc.) та культивованих рослин 27 сортів (*G. max* (L.) Merr.), яким притаманна висока фенотипічна пластичність, показав вищий рівень поліморфізму у сортів сої, ніж у її диких попередників, що може свідчити про збагачення епігенетичних варіацій у формі метилування ДНК під час процесу одомашнення. Підкреслюється, що поліморфізм метилування ДНК у сої, як і в більшості інших досліджуваних рослин, не пов'язаний з генетичним поліморфізмом (Zhong et al., 2009).

Високий рівень та поліморфізм метилування ДНК відомий для 30 популяцій та ліній диких і культивованих морфотипів *Brassica oleracea* L. з високою фенотипічною пластичністю, що, на думку авторів, пояснює фенотипічну мінливість видів роду *Brassica* L. (Salmon et al., 2008). Припускається, що метилування ДНК може бути одним з головних факторів, які обумовлюють різноманітність сортів *Citrus × reticulata* Blanco 'Clementine' – важливої групи сортів цитрусових (Fang et al., 2008). Підтверджено зв'язок між епігенетичними маркерами (метилування ДНК і модифікації пістонів) та адаптацією рослин томату *Solanum lycopersicum* L. до посухи (González et al., 2013). Показано, що рівень змін метилування ДНК у деяких ліній *Oryza sativa* L. на посуху варіював залежно від стадії розвитку та типу тканин. Індуковані епігенетичні зміни в геномі *O. sativa* розглядаються як дуже важливий механізм адаптації рослин до посухи та, можливо, інших екологічних стресів (Wang et al., 2011). Встановлено значне зростання метилування ДНК на популяційному рівні в реакціях рослин *Thlaspi arvense* L. на стрес засоленням та його передачу принаймні двом поколінням, які знаходилися за звичайних умов. На підставі паралельного збільшення змін функціонально важливих ознак припускається адаптивне значення підвищення швидкості спонтанних епімутацій (Geng et al., 2020).

Показано, що обробка жасмоновою та саліциловою кислотами, які часто використовуються для експериментальної імітації біотичної атаки та індукції захисних шляхів, генетично ідентичних апоміктичних рослин *Taraxacum officinale* Weber ex F.H.Wigg., посилювала поліморфізм метилування ДНК порівняно з контрольними рослинами та успадкування змін метилування в першому

покоління (Verhoeven et al., 2010). Вважається, що успадкування модифікованих метилування ДНК та фенотипів потомства, тобто епігенетичних механізмів, є значущими для генерування спадкових змін і трансгенераційної пластичності в генетично однорідних лініях цього виду, що сприяє їхньому адаптаційному потенціалу (Verhoeven et al., 2012; Verhoeven, Preite, 2014). Ідентифіковано диференційно метильовані гени, які кодують транспортну РНК, білки, пов'язані з фотосинтезом або шляхами світлової реакції, у п'яти зразків *Populus alba* L. з різних моноклональних деревостанів на Мальтійському архіпелазі. Цей комбінаторний метод автори рекомендують для епігенетичних досліджень таких геномів, як *P. alba* та для виявлення епігенетичних варіацій, пов'язаних зі стресом за несприятливих умов довкілля (Guarino et al., 2020).

Розглядається гіпотеза щодо епігенетичної мозаїки рослин на підставі різного ступеня метилування геному листків вічнозеленого гетерофільного дерева *Ilex aquifolium* L., природно поширеного у північно-західній, центральній та південній Європі та Північній Африці в асоціації з різноманітними ґрунтами та типами рослинних угруповань. У цього виду наявні два типи листків – колючі зі змінною кількістю міцних колючок та неколючі з цілими краями. У межах гетерофільних гілок пари сусідніх колючих і неколючих листків відрізнялися за профілями метилування ДНК у всьому геномі. Причому відмінності у метилуванні були притаманні переважно певним специфічним маркерам. Підкреслюється значення епігенетичних варіацій у доповненні генетичних варіацій як джерела фенотипічних змін в природних популяціях рослин (Herrera, Bazaga, 2013).

Висновки та перспективи

Отже, на сьогодні отримано достатньо доказів чутливості та гнучкості епігенетичної системи регуляції генної експресії до дії внутрішніх і зовнішніх чинників і, таким чином, її участі в розвитку рослин та фенотипічній пластичності, тобто адаптації рослин до несприятливих змін довкілля (рис. 4). Визнано домінуючу роль метилування ДНК, як збереження епігенетичної модифікації, важливої для регуляції експресії генів та стабільності геному, в екологічній епігенетиці. Підкреслюється, що подальші дослідження ролі

епігенетики у фенотипічній пластичності широкого кола немодельних видів рослин природних популяцій та агроценозів мають великий потенціал для поглиблення уявлень щодо молекулярних механізмів існування рослин у мінливому середовищі в онто- та філогенезі, безпосередньо пов'язаних із ключовими завданнями прогнозу наслідків глобального потепління та селекції сільськогосподарських культур на підвищення врожайності та стійкості до стресових абіотичних і біотичних чинників. Велика увага приділяється підбору нових об'єктів та удосконаленню методів досліджень метилування ДНК у рослин з великими та складними, але поки ще несквенованими геномами.

Подальший розвиток екологічної епігенетики потребує таких паралельних досліджень: (1) феноменології фенотипічної пластичності в умовах різних екологічних ніш, природних флуктуацій екологічних факторів та дії "надлишкової" дози того чи іншого екологічного чинника або несприятливих чинників антропогенного походження, та (2) епігеному, в першу чергу, метилування ДНК у рослин природної флори, які зростають за різних умов, іноді екстремальних, зокрема на гранітах, пісках, крейдових відслоненнях, у горах та водоймах. Такі дослідження будуть спрямовані на поглиблення знань стосовно молекулярних основ адаптації природних популяцій до змін довкілля. На нашу думку, адекватними та цікавими конкретними об'єктами такого роду досліджень можуть бути такі:

- основні лісоутворюючі види рослин України, наприклад *Quercus robur* L., який на півночі України знаходиться в умовах, близьких до оптимальних, але на півдні та південному сході, де проходить екологічна межа його ареалу, ріст дуба обмежується природними чинниками (високими температурами, нестачею вологи) та антропогенними впливами (розораністю ґрунтів на рівнинних ділянках). Зміни клімату в бік аридизації, збільшення частоти та суворості посух зумовлюють проблему збереження дібров у степовій зоні;
- багаторічні трав'яні, чагарникові та чагарничкові види, які зростають на кристалічних відслоненнях (гранітах), зокрема представники самобутньої та стародавньої флори, багатої на ендемічні види. Серед них особливу значущість мають включені до Червоної книги України та зникаючі – *Atocion hypanicum* (Klokov) Tzvelev (*Silene hypanica* Klokov), *Dianthus hypanicus* Andr., *Moehringia*

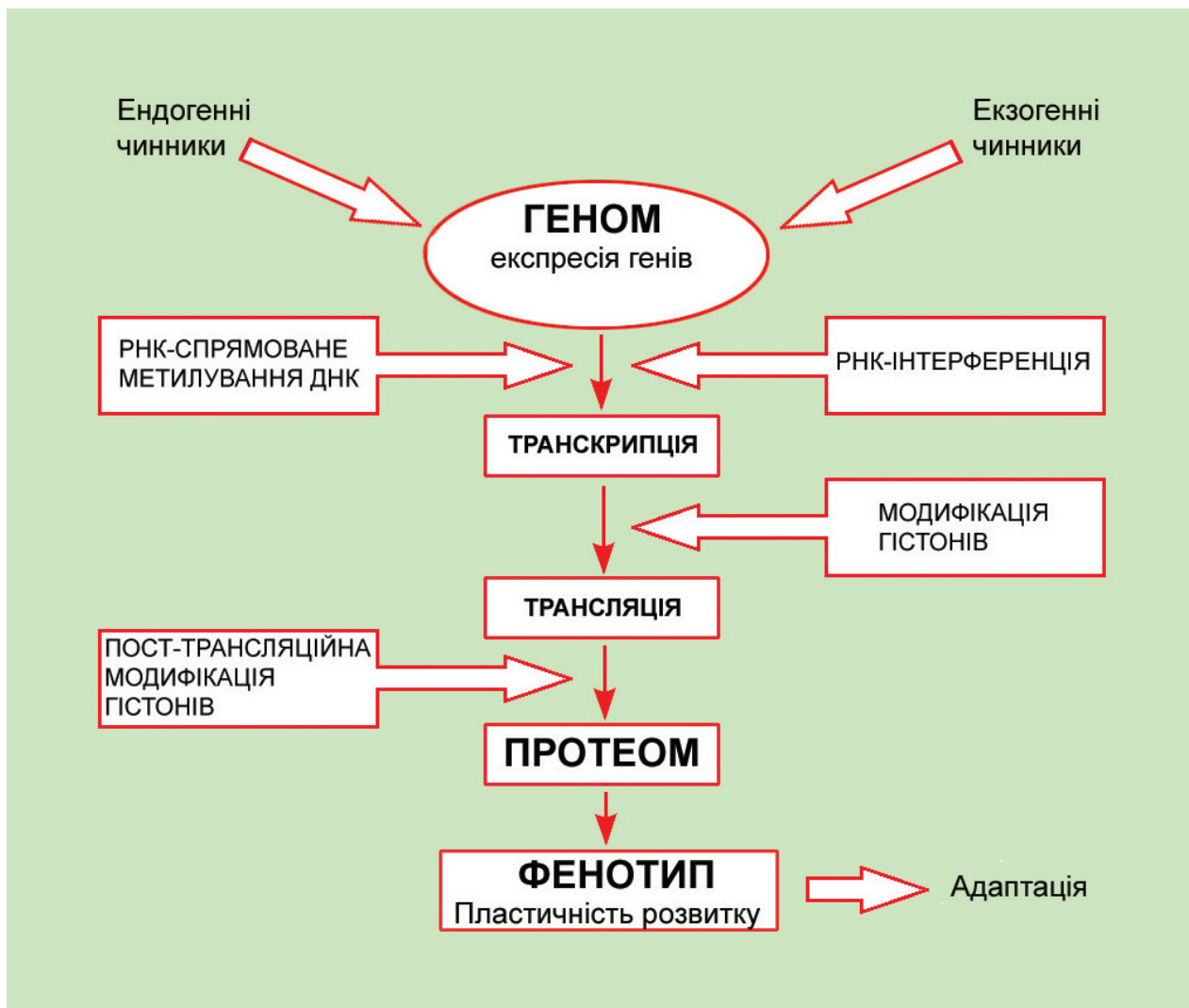


Рис. 4. Схема епігенетичної регуляції фенотипічної пластичності (за Kordyum, 2012, зі змінами)

Fig. 4. Scheme of epigenetic regulation of phenotypic plasticity (Kordyum, 2012, modified)

hypanica Grynj & Klokov, *Stachys angustifolia* M.Bieb, *Dianthus maeoticus* Klokov, *Achillea glaberrima* Klokov, *Centaurea pseudoleucolepis* Kleopow, *Thymus graniticus* Klokov & Des.-Shost., *Seseli pallasii* Besser та багато інших. За умови зміни клімату названі та інші види кристалічних відслонень зазнають значних трансформацій;

- багаторічні трав'яні, чагарникові та чагарничкові види вапняків і пісковиків Українських Карпат, зокрема рідкісні і зникаючі *Aconitum nanum* Baumg., *Achillea lingulata* Waldst. & Kit., *Trisetum alpestre* (Host) P.Beauv., *Campanula alpina* Jacq., *Pulsatilla alba* Rehb. (група *P. alpina* (L.) Delarb. s. l.), *Anemonastrum narcissiflorum* (L.) Holub (*Anemone*

narcissiflora L.), *Geranium alpestre* Schur, *Cerastium alpinum* L., *Leontopodium alpinum* Cass. та багато інших. Більшість з них включена до Червоної книги України, а угруповання з їхньою участю – до Зеленої книги України. Названі види зазнають негативного впливу глобального потепління через конкуренцію з видами, які на сьогодні займають нижчі експозиції, і мігруватимуть у більш високогірні райони. Це створить, як уже зазначалося, конкуренцію, яку типові альпійські види можуть не витримати;

- багаторічні трав'яні, чагарникові та чагарничкові види крейдяних відслонень, що еволюційно пов'язані з постійною рухливістю субстрату. Ця

група, як і попередня, відзначається наявністю реліктових та ендемічних видів та видів, занесених до Червоної книги України. Серед них особливу цінність представляють види крейдяних відслонень Криму, зокрема ймовірні палеоендеміки – *Onobrychis pallasii* (Willd.) M.Bieb. і *Thymus tauricus* Klokov & Des.-Shost., та неоендеміки – *Scutellaria albida* L., *Sideritis taurica* Stephan ex Willd., *Sideritis montana* L., *Paeonia tenuifolia* L., *Scabiosa taurica* Kotov, *Ericastrum cretaceum* Kotov та ін. Порушення природних процесів розвитку субстрату, яке посилиться через зміни клімату, опосередковано зумовить деградацію названого комплексу.

В літературі неодноразово наголошується, що важливим кроком в інтеграції екології та геноміки є перехід досліджень на молекулярному рівні від відносно простих модельних систем до складних природних угруповань. Це дозволить виявити молекулярні рушії змін складу угруповань та процесів в екосистемах і, таким чином, може кардинально змінити погляди на їх структуру та еволюцію (Kordyum et al., 2003). Співпраця молекулярних генетиків, екологів та біоінформатиків обіцяє покращити наше розуміння взаємних зв'язків між функцією геному та екологічними процесами.

Список посилань

- Abakumova M., Zobel K., Lepik A., Semchenko M. 2016. Plasticity in plant functional traits is shaped by variability in neighbourhood species composition. *New Phytologist*, 211(2): 455–463. <https://doi.org/10.1111/nph.13935>
- Abid G., Mingeot D., Muhovski Y., Mergeai G., Aouida M., Abdelkarim S., Aroua I., El Ayed M., Mhamdi M., Sassi K., Jebara M. 2017. Analysis of DNA methylation patterns associated with drought stress response in faba bean (*Vicia faba* L.) using methylation-sensitive amplification polymorphism (MSAP). *Environmental and Experimental Botany*, 142: 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.08.004>
- Ashapkin V.V., Kutueva L.I., Vaniushin B.F. 2016. Epigenetic variability in plants: heritability, adaptability, evolutionary value. *Russian Journal of Plant Physiology*, 63(2): 191–204.
- Aubin-North N., Renn C.P. 2009. Genomic reaction norms: using integrative biology to understand molecular mechanisms of phenotypic plasticity. *Molecular Ecology*, 18(18): 3763–3780. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04313.x>
- Bradshaw A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*, 13: 115–155.
- Brautigam K., Vining K.J., Lafon-Placette C., Fossdal C.G., Mirouze M., Marcos J.G., Fluch S., Fraga M.F., Guevara A., Abarca D., Johnsen Ø., Maury S., Strauss S.H., Campbell M.M., Rohde A., Diaz-Sala C., Cervera M.-T. 2013. Epigenetic regulation of adaptive responses of forest tree species to the environment. *Ecology and Evolution*, 3(2): 399–415. <https://doi.org/10.1002/ece3.461>
- Cervera M.T., Ruiz-García L., Martínez-Zapater J.M. 2003. Analysis of DNA methylation in *Arabidopsis thaliana* based on methylation-sensitive AFLP markers. *Molecular Genetics and Genomics*. 268(4): 543–552. <https://doi.org/10.1007/s00438-002-0772-4>
- Chinnusamy V., Zhu J.-K. 2009. Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 12: 1–7.
- Chwialkowska K., Korotko U., Kwasniewski M. 2019. DNA Methylation analysis in barley and other species with large genomes. *Methods in Molecular Biology*, 1900: 253–268. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8944-7_16
- Chwialkowska K., Korotko U., Kosinska J., Szarejko I. 2017. Methylation sensitive amplification polymorphism sequencing (MSAP-Seq) – a method for high-throughput analysis of differentially methylated CCGG sites in plants with large genomes. *Frontiers in Plant Science*, 8: 2056. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02056>
- Chwialkowska K., Nowakowska U., Mrozwicz A., Szarejko I., Kwasniewski M. 2016. Water-deficiency conditions differently modulate the methylome of roots and leaves in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Experimental Botany*, 67: 1109–1121. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv552>
- Cubas P., Vincent C., Coen E. 1999. An epigenetic mutation responsible for natural variation in floral symmetry. *Nature*, 401: 157–161.
- Downen R.H., Pelizzola M., Schmitz R.J., Lister R., Downen J.M., Nery J.R., Dixon J.E., Ecker J.R. 2012. Widespread dynamic DNA methylation in response to biotic stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(32): 2183–2191. <https://doi.org/10.1073/pnas.1209329109>
- Dubyna D.V., Kordyum E.L. 2015. *Visnyk NAN Ukrainy*, 7: 32–39. [Дубина Д.В., Кордюм Є.Л. 2015. Пластичність онтогенезу судинних рослин: молекулярні, клітинні, популяційні та ценотичні аспекти. *Вісник НАН України*, 7: 32–39]. <https://doi.org/10.15407/visn2015.07.032>
- Eriksson M.C., Szukala A., Tian B., Paun O. 2020. Current research frontiers in plant epigenetics: an introduction to a Virtual Issue. *New Phytologist*, 226(2): 285–288. <https://doi.org/10.1111/nph.16493>
- Fang J., Song C., Zheng Y., Qiao Y., Zhang Z., Dong Q., Chao C.T. 2008. Variation in cytosine methylation in *Clementine mandarin* cultivars. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83: 833–839.
- Gao L., Geng Y., Li B., Chen J., Yang J. 2010. Genome-wide DNA methylation alterations of *Alternanthera philoxeroides* in natural and manipulated habitats: implications for epigenetic regulation of rapid responses to environmental fluctuation and phenotypic variation.

- Plant, Cell & Environment*. 33: 1820–1827. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02186.x>
- Geng Y., Chang Na, Zhao Y., Qin X., Lu S., Crabbe M.J.S., Guan Y., Zhang T. 2020. Increased epigenetic diversity and transient epigenetic memory in response to salinity stress in *Thlaspi arvense*. *Ecology and Evolution*, 10(2): 11622–11630. <https://doi.org/10.1002/ece3.6795>
- González R.M., Ricardi M.M., Iusem N.D. 2013. Epigenetic marks in an adaptive water stress-responsive gene in tomato roots under normal and drought conditions. *Epigenetic*, 8(8): 864–872. <https://doi.org/10.4161/epi.25524>
- Grant-Downton R.T., Dickinson H.G. 2005. Epigenetics and its implications for plant biology. 1. The epigenetic network in plants. *Annals of Botany*, 96: 1143–1164. <https://doi.org/10.1093/aob/mci273>
- Guarino F., Ciatelli A., Brundu G., Improta G., Triassi M., Castiglione S. 2019. The use of MSAP reveals epigenetic diversity of the invasive clonal populations of *Arundo donax* L. *PLoS ONE*, 14: e0215096. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215096>
- Guarino F., Heinze B., Castiglione S., Ciatelli A. 2020. Epigenetic analysis through MSAP-NGS coupled technology: the case study of white poplar monoclonal populations/stands. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19): 73–93. <https://doi.org/10.3390/ijms21197393>
- Herman J.J., Sultan S.E. 2016. DNA methylation mediates genetic variation for adaptive transgenerational plasticity. *Proceedings of the Royal Society. B: Biological Sciences*, 283: 0160988. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0988>
- Herrera C.M., Bazaga P. 2008. Population-genomic approach reveals adaptive floral divergence in discrete populations of a hawk moth-pollinated violet. *Molecular Ecology*, 24: 5378–5390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.04004.x>
- Herrera C.M., Bazaga P. 2010. Epigenetic differentiation and relationship to adaptive genetic divergence in discrete populations of the violet *Viola cazorlensis*. *New Phytologist*, 187: 867–876. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03298.x>
- Herrera C.M., Bazaga P. 2013. Epigenetic correlates of plant phenotypic plasticity: DNA methylation differs between prickly and nonprickly leaves in heterophyllous *Ilex aquifolium* (Aquifoliaceae) trees. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171: 441–452. <https://doi.org/10.1111/boj.12007>
- Jacobsen S.E., Meyerowitz E.M. 1997. Hypermethylated *SUPERMAN* epigenetic alleles in *Arabidopsis*. *Science*, 277: 1100–1103.
- Jiang C., Mithani A., Belfield E.J., Mott R., Hurst L.D., Harberd N.P. 2014. Environmentally responsive genome-wide accumulation of de novo *Arabidopsis thaliana* mutations and epimutations. *Genome Research*, 24(11): 1821–1829. <https://doi.org/10.1101/gr.177659.114>
- Kelly S.A., Panhuis T.M., Stoeckl A.M. 2012. Phenotypic plasticity: molecular mechanisms and adaptive significance. *Comprehensive Physiology*, 2: 1417–1439.
- Kinoshita T., Seki M. 2014. Epigenetic memory for stress response and adaptation in plants. *Plant and Cell Physiology*, 55: 1859–1863. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcu125>
- Köhler C., Springer N. 2017. Plant epigenomics – deciphering the mechanisms of epigenetic inheritance and plasticity in plants. *Genome Biology*, 18: 132. <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1260-9>
- Kooke R., Johannes F., Wardenaar R., Becker F.F.M., Etcheverry M., Colot V., Vreugdenhil D., Keurentjes J.J.B. 2015. Epigenetic basis of morphological variation and phenotypic plasticity in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Cell*, 27(2): 337–348. <https://doi.org/10.1105/tpc.114.133025>
- Kordyum E.L. 2012. *Ukrainian Botanical Journal*, 69(2): 163–177. [Кордюм Є.Л. 2012. Фенотипічна пластичність і епігенетика. *Український ботанічний журнал*, 69(2): 163–177].
- Kordyum E.L., Dubyna D.V. 2019. Phenotypic plasticity in plant adaptation and coexistence. *International Journal of Advanced Research in Science*, 5: 8–13. <https://doi.org/10.20431/2455-4316.0503002>
- Kordyum E.L., Sytnik K.M., Baranenko V.V., Belyavskaya N.A., Klimchuk D.A., Nedukha E.M. 2003. *Kletochnye mekhanizmy adaptatsii rasteniy k neblagopriyatnym vozdeystviyam ekologicheskikh faktorov v estestvennykh usloviyakh*. Kyiv: Naukova Dumka, 277 pp. [Кордюм Е.Л., Сытник К.М., Бараненко В.В., Белявская Н.А., Климчук Д.А., Недуха Е.М. 2003. *Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях*. Киев: Наукова думка, 277 с.]
- Kroon de H., Huber H., Stuefer J.F., Groenendaal van J.M. 2005. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist*, 166: 73–82. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01310.x>
- Kuiper P.J.C. 1998. Adaptation mechanisms of green plants to environmental stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 851: 209–215.
- Kumar S., Mohapatra T. 2021. Dynamics of DNA methylation and its functions in plant growth and development. *Frontiers in Plant Science*, 12: 596236. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.596236>
- Lachmann M., Jablonka E. 1996. The inheritance of phenotypes: an adaptation to fluctuating environments. *Journal of Theoretical Biology*, 181: 1–9.
- Latzel V., Rendina-González A.P., Rosenthal J. 2016. Epigenetic memory as a basis for intelligent behavior in clonal plants. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1354. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01354>
- Lebedeva M.A., Tvorogova V.E., Tikhodeev O.N. 2017. *Genetika*, 53(10): 1115–1131. [Лебедева М.А., Творогова В.Е., Тиходеев О.Н. 2017. Эпигенетические механизмы и их роль в развитии растений. *Генетика*, 53(10): 1115–1131]. <https://doi.org/10.7868/S0016675817090089>

- Li Y.D., Shan X.H., Liu X.M., Hu L.J., Guo W.L., Liu B. 2008. Utility of the methylation-sensitive amplified polymorphism (MSAP) marker for detection of DNA methylation polymorphism and epigenetic population structure in a wild barley species (*Hordeum brevisubulatum*). *Ecological Research*, 23: 927–930.
- Lira-Medeiros C.F., Parisod C., Fernandes R.A., Mata C.S., Cardoso M.A., Ferreira P.C.G. 2010. Epigenetic variation in mangrove plants occurring in contrasting natural environment. *PLoS ONE*, 5(4): e10326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010326>
- Meyer P. 2015. Epigenetic variation and environmental change. *Journal of Experimental Botany*, 66: 3541–3548. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru502>
- Miner B.G., Sultan S.E., Morgan S.G., Padilla D.K., Relyea R.A. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends in Ecology & Evolution*, 20: 686–692. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.08.002>
- Miryeganeh M., Saze H. 2020. Epigenetic inheritance and plant evolution. *Population Ecology*, 62 (1): 17–27. <https://doi.org/10.1002/1438-390X.12018>
- Mizutani M., Kanaoka M.M. 2018. Environmental sensing and morphological plasticity in plants. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 83: 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.semedb.2017.10.029>
- Paun O., Bateman R.M., Fay M.F., Hedren M., Civeyrel L., Chase M.W. 2010. Stable epigenetic effects impact adaptation in allopolyploid orchids (*Dactylorhiza: Orchidaceae*) research article. *Molecular Biology and Evolution*, 27: 2465–2473. <https://doi.org/10.1093/molbev/msq150>
- Peng H., Zhang J. 2009. Plant genomic DNA methylation in response to stresses: potential applications and challenges in plant breeding. *Progress in Natural Science*, 19: 1037–1045. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.10.014>
- Pigliucci M. 2005. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends in Ecology & Evolution*, 20: 481–486.
- Reyna-López G.A., Simpson J., Ruiz-Herrera J. 1997. Differences in DNA methylation patterns are detectable during the dimorphic transition of fungi by amplification of restriction polymorphisms. *Molecular Genetics and Genomics*, 253: 703–710. <https://doi.org/10.1007/s004380050374>
- Richards C.L., Schrey A.W., Pigliucci M. 2012. Invasion of diverse habitats by few Japanese knotweed genotypes is correlated with epigenetic differentiation. *Ecology Letters*, 15(9): 1016–1025. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01824.x>
- Richards C.L., Alonso C., Becker C., Bossdorf O., Bucher E., Colomé-Tatché M., Durka W., Engelhardt J., Gaspar B., Gogol-Döring A., Grosse I., Gurr van T.P., Heer K., Kronholm I., Lampei C., Latzel V., Mirouze M., Opgenoorth L., Paun O., Prohaska S.J., Rensing S.A., Stadler P.F., Trucchi E., Ullrich K., Verhoeven K.J.F. 2017. Ecological plant epigenetics: evidence from model and non-model species, and the way forward. *Ecology Letters*, 20(12): 1576–1590. <https://doi.org/10.1111/ele.12858>
- Riddle N.C., Richards E.J. 2002. The control of natural variation in cytosine methylation in *Arabidopsis*. *Genetics*, 162: 355–363.
- Sáez-Laguna E., Guevara M.-Á., Díaz L.-M., Sánchez-Gómez D., Collada C., Aranda I., Cervera M.T. 2014. Epigenetic variability in the genetically uniform forest tree species *Pinus pinea* L. *PLoS ONE*, 9(8): e103145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103145>
- Salmon A., Clotault J., Jenczewski E., Chable V., Manzaneres-Dauleux M.J. 2008. *Brassica oleracea* displays a high level of DNA methylation polymorphism. *Plant Science*, 174: 61–70.
- Saze H., Scheid O.M., Paszkowski J. 2003. Maintenance of CpG methylation is essential for epigenetic inheritance during plant gametogenesis. *Nature Genetics*, 34: 65–69. <https://doi.org/10.1038/ng1138>
- Schlichting C.D., Smith H. 2002. Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes. *Evolutionary Ecology*, 16: 189–211.
- Schneider R.F., Meyer A. 2017. How plasticity, genetic assimilation and cryptic genetic variation may contribute to adaptive radiations. *Molecular Ecology*, 26(1): 330–350. <https://doi.org/10.1111/mec.13880>
- Schrey A.W., Alvarez M., Foust C.M., Kilvitis H.J., Lee J.D., Liebl A.L., Martin L.B., Richards C.L., Robertson M. 2013. Ecological epigenetics: beyond MS-AFLP. *Integrative and Comparative Biology*, 53(2): 340–350. <https://doi.org/10.1093/icb/ict012>
- Schulz B., Eckstein R.L., Durka W. 2013. Scoring and analysis of methylation-sensitive amplification polymorphisms for epigenetic population studies. *Molecular Ecology Resources*, 13: 642–653. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12100>
- Schulz B., Eckstein R.L., Durka W. 2014. Epigenetic variation reflects dynamic habitat conditions in a rare floodplain herb. *Molecular Ecology*, 23: 3523–3537.
- Singer M., Berg P. 1991. *Genes & Genomes, a changing perspective*. Mill Valley, California: University Science Books, 929 pp.
- Sultan S.E. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in Plant Science*, 5(12): 537–542.
- Sultan S.E. 2003. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. *Evolution & Development*, 5: 25–33.
- Thiebaut F., Hemery A.S., Ferreira P.C.G. 2019. A role for epigenetic regulation in the adaptation and stress responses of non-model plants. *Frontiers in Plant Science*. 10: 246. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019>
- Tomilin N.V. 2009. *Tsitologiya*, 51: 291–296. [Томили́н Н.В. 2009. Наследование эпигенетических модификаций хроматина, направляемое РНК. *Цитология*, 51: 291–296].
- Trucchi E., Mazzarella A.B., Gilfillan G.D., Lorenzo M.T. 2016. BsRADseq: screening DNA methylation in natural populations of non-model species. *Molecular Ecology*, 25: 1697–1713. <https://doi.org/10.1111/mec.13550>

- Vaughn M.W., Tanurdzić M., Lippman Z., Jiang H., Carrasquillo R., Rabinowicz P.D., Dedhia N., McCombie W.R., Agier N., Bulski A., Colot V., Doerge R.W., Martienssen R.A. 2007. Epigenetic natural variation in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS Biology*, 5: 1617–1629. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050174>
- Verhoeven K.J., van Gurp T.P. 2012. Transgenerational effects of stress exposure on offspring phenotypes in apomictic dandelion. *PLoS ONE*, 7(6): e38605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038605>
- Verhoeven K.J., Jansen J.J., van Dijk P.J., Biere A. 2010. Stress-induced DNA methylation changes and their heritability in asexual dandelions. *New Phytologist*, 185: 1108–1118.
- Verhoeven K.J., Preite V. 2014. Epigenetic variation in asexually reproducing organisms. *Evolution*, 68: 644–655.
- Waddington C.H. 2012. The Epigenotype. *International Journal of Epidemiology*, 41(1): 10–13. <https://doi.org/10.1093/ije/dyr184>
- Wang W.S., Pan Y.J., Zhao X.Q., Dwivedi D., Zhu L.H., Ali J., Fu B.Y., Zhi-Kang L. 2011. Drought-induced site-specific DNA methylation and its association with drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 62: 1951–1960. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq391>
- Wen-Feng N. 2021. DNA methylation: from model plants to vegetable crops. *Biochemical Society Transactions*, 49(3): 1479–1487. <https://doi.org/10.1042/BST20210353>
- Xiong L.Z., Xu C.G., Maroof M.A.S. 1999. Patterns of cytosine methylation in an elite rice hybrid and its parental lines, detected by a methylation-sensitive amplification polymorphism technique. *Molecular Genetics and Genomics*, 261: 439–446. <https://doi.org/10.1007/s004380050986>
- Zhang X. 2008. The epigenetic landscape of plants. *Science*, 320: 489.
- Zhang H., Lang Z., Zhu J.-K. 2018. Dynamics and function of DNA methylation in plants. *Molecular Cell Biology*, 19: 489–506.
- Zhang X., Yazaki J., Sundaresan A., Cokus S., Chan S.W., Chen H., Henderson I.R., Shinn P., Pellegrini M., Jacobsen S.E., Ecker J.R. 2006. Genome-wide high-resolution mapping and functional analysis of DNA methylation in *Arabidopsis*. *Cell*, 126: 1189–1201. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.08.003>
- Zhong X., Wang Y., Liu X., Gong L., Ma Y., Qi B., Dong Y., Liu B. 2009. DNA methylation polymorphism in annual wild soybean (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) and cultivated soybean (*G. max* L. Merr.). *Canadian Journal of Plant Science*, 89: 851–863.
- Zilberman D., Henikoff S. 2005. Epigenetic inheritance in *Arabidopsis*: selective silence. *Current Opinion in Genetics and Development*. 15(5): 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2005.07.002>

Рекомендує до друку І.В. Косаківська

Кордюм Є.Л., Дубина Д.В. 2021. Роль епігенетичної регуляції в адаптивній пластичності рослин. *Український ботанічний журнал*, 78(5): 347–359. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.347>

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна: Є.Л. Кордюм, Д.В. Дубина.

Реферат. Відмічено, що в останні десятиліття значно поглибилися знання щодо ролі епігенетичної регуляції генної експресії в реакціях рослин на зовнішні чинники та їхню адаптацію до несприятливих змін довкілля. Як основний молекулярний механізм, що забезпечує геномну інформацію та сприяє розумінню молекулярних основ фенотипічних варіацій на основі епігенетичних модифікацій, розглядається метилування цитозину ДНК. На жаль, переважна більшість досліджень в цьому напрямі була виконана на модельному об'єкті *Arabidopsis thaliana*. Розробка методу, чутливого до метилування ампліфікованого поліморфізму (methylation-sensitive amplified polymorphism, MSAP), надала можливість широкомасштабного виявлення метилування цитозину ДНК у дикорослих немодельних та сільськогосподарських рослин з великими та складними геномами в екологічному аспекті за природних умов та під впливом зовнішніх чинників. У статті наведено інформацію щодо поліморфізму метилування ДНК у різних видів та його значення в розвитку рослин та адаптивній фенотипічній пластичності. Наведено короткі огляди сучасних уявлень щодо адаптивної фенотипічної пластичності та епігенетичної системи регуляції генної експресії. Підкреслюється великий потенціал подальших досліджень епігенетичної регуляції генної експресії у фенотипічній пластичності широкого кола немодельних видів рослин природних популяцій та агроценозів для поглиблення уявлень щодо молекулярних механізмів існування рослин у мінливому середовищі в онто- та філогенезі, безпосередньо пов'язаних із ключовими завданнями прогнозу наслідків глобального потепління та селекції сільськогосподарських культур. Наводяться конкретні об'єкти флори України, які, на думку авторів, є адекватними та цікавими для такого роду досліджень.

Ключові слова: адаптація, епігенетична регуляція, фенотипічна пластичність, метилування ДНК



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.360>

RESEARCH ARTICLE

Нова знахідка *Carex bohemica* (Cyperaceae) на Київщині (Україна)

Василь Л. ШЕВЧИК¹ , Ігор В. СОЛОМАХА^{2*} 

¹Канівський природний заповідник ННЦ "Інститут біології та медицини" Київського національного університету імені Тараса Шевченка, вул. Шевченка 108, Канів 19000, Черкаська область, Україна

²Інститут агроекології і природокористування НААН України, вул. Метрологічна 12, Київ 03143, Україна

Abstract. A new locality of *Carex bohemica*, a rare species listed in the *Red Data Book of Ukraine*, is reported. The studied population is located in Kyiv Region within the Divychny site UA0000337 of the Emerald Network in Ukraine (Left-Bank Forest-Steppe). The territory housing the population forms a single contour covering two areas of different soil humidity values. On the area of 30 m², 95 individuals of *C. bohemica* were discovered. At the time of observation, all individuals were of the generative age. The identified variants of plant communities with participation of *C. bohemica* belong to the class *Phragmito-Magnocaricetea* and are similar to the most communities with this species found in Ukraine. As a threat to existence of this population, increasing participation of alien invasive species-transformers and synanthropic species can be considered. Frequent fires occurring during drought periods also pose significant risks to the survival of this population. Further search for new localities of *C. bohemica* in the areas with suitable habitats is required.

Keywords: *Carex bohemica*, Emerald Network, Left-Bank Forest-Steppe, new locality, rare species, *Red Data Book of Ukraine*

Article history. Submitted 15 June 2021. Revised 04 October 2021. Published 29 October 2021

Citation. Shevchyk V.L., Solomakha I.V. 2021. A new find of *Carex bohemica* (Cyperaceae) in Kyiv Region (Ukraine). *Ukrainian Botanical Journal*, 78(5): 360–364 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.360>

Affiliation. Kaniv Nature Reserve, Educational and Scientific Center "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, 108 Shevchenko Str., Kaniv, Cherkasy Region 19000, Ukraine: V.L. Shevchyk. Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv 03143, Ukraine: I.V. Solomakha.

*Corresponding author (e-mail: i_solo@ukr.net)

Найбільшу частину раритетної компоненти регіональних флор лісостепової та лісової зон України складають види, що рідко трапляються на певній території, але в межах окремих частин свого ареалу спостерігаються частіше. Лише незначна кількість видів рослин серед них є рідкісними в межах всього свого ареалу. Саме до такої групи належить широкоареальний диз'юнктивний вид *Carex bohemica* Schreb. (Cyperaceae Juss.). В Євразії найбільша щільність його популяцій за даними GBIF (<https://www.gbif.org/species/2728048>) характерна для Центральної Європи, що, ймовірно, у першу чергу пов'язано із найкращою вивченістю її флори, але і в цих межах він вважається рідкісним видом, що

підлягає охороні (Poschlod, 1996; Popiela, 2005; Dite et al., 2015).

В Україні *C. bohemica* є досить рідкісним видом (рис. 1). У літературі перші достовірні його знахідки вказуються за гербарними зразками кінця XIX століття. До початку Другої світової війни було відомо лише декілька місцезростань (Krechetovych, 1940). Після включення цього виду до другого видання Червоної книги України (Andriyenko, 1996), де вказувалось два існуючих та три втрачених місцезростання, значно зросла увага до його вивчення. Вже у третьому виданні Червоної книги України наведено дані про трапляння його в десяти місцезростаннях, три з яких позначені як втрачені

© 2021 V.L. Shevchyk, I.V. Solomakha. 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

A



B



Рис. 1. *Carex bohémica*. A: загальний вигляд; B: суцвіття
Fig. 1. *Carex bohémica*. A: general view; B: inflorescences

(Danylyk et al., 2009). У подальшому кількість нових знахідок виду на території України збільшувалась (Zhigalenko et al., 2009; Belinska, Yakubenko, 2017; Katerynenko, 2018; Lysenko, 2019).

При дослідженні стану збереженості раритетної компоненти флори ділянки на лівому березі середньої течії р. Дніпро (Лівобережний Лісостеп) нами 27.05.2021 було виявлено нове місцезростання *C. bohemica*. Ця територія є об'єктом Смарагдової мережі UA0000337 "Дівички", тут також пропонується створити національний природний парк (Prekrasna et al., 2012).

Carex bohemica зростає на прибережній смузі озера (50.042106° N, 31.097624° E) давньостаричного походження із глибоким мулистим дном, площею близько 1 га, на відстані 7 км на південний захід від центру с. Сошників Бориспільського р-ну Київської області. Центральна частина озера залита водою та зайнята угрупованнями плейстофітів: *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. (проективне покриття 90%), *Lemna minor* L. (5%). Наступна в напрямку до берега смуга монодомінантних заростей *Alopecurus aequalis* Sobol. (80–90%) поширена на мілководді (глибина до 0,5 м). Також фрагментарно у цій смузі трапляються ділянки із домінуванням *Scirpus radicans* Schkuhr. – виду, що зростає тут на південній межі свого ареалу. У північній частині озера на прибережній полосі (глибина до 20 см) на площі 25 м² зростає *C. bohemica* (табл. 1, опис 1). В єдиному контурі із цим локусом на суходільній частині побережжя також поширені особини цього виду на площі 5 м² (табл. 1, опис 2).

У синтаксономічному відношенні угруповання, представлене в описі 1, належить до союзу *Eleocharita palustris-Sagittarion sagittifoliae* Passarge 1964 порядку *Oenanthetalia aquaticae* Hejný ex Balátová-Tuláčková et al. 1993 класу *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941. Суходільна ділянка ценопопуляції (опис 2) представляє зумовлений життєдіяльністю бобрів (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) деградаційно-демутаційний варіант угруповання цього самого класу. Таким чином, описані нами фітоценози з участю *C. bohemica* подібні до більшості таких угруповань, що виявлені на території України (Andriyenko et al., 1999; Zhigalenko et al., 2009; Serednytska, 2016; Belinska, Yakubenko, 2017; Katerynenko, 2018; Lysenko, 2019). У подібних фітоценозах *C. bohemica* зростає і в більш східній частині ареалу (Krylova et al., 2018). У межах центральноєвропейської частини ареалу цей вид переважно трапляється в угрупованнях літнього

Таблиця 1. Описи угруповань із участю *Carex bohemica*
Table 1. Descriptions of plant communities with *Carex bohemica*

Номер опису	1	2
Кількість видів	10	10
Площа опису, м ²	4	4
Проективне покриття травостою, %	85	25
<i>Carex bohemica</i> Schreb	30	10
<i>Lycopus exaltatus</i> L.f.	3	10
<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	50	+
<i>Galium palustre</i> L.	2	1
<i>Bidens frondosa</i> L.	+	+
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	1	
<i>Carex pseudocyperus</i> L.	+	
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	+	
<i>Juncus glomeratus</i> Thunb.	+	
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	+	
<i>Juncus effusus</i> L.		3
<i>Carex elongata</i> L.		+
<i>Thelypteris palustris</i> Schott		+
<i>Comarum palustre</i> L.		+
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Rchb.		+

ефемеретуму класу *Isoëto-Nanojuncetea* Br.-Bl. et Tx. in Br.-Bl. et al. 1952 (Popiela, 1999, 2005; Popiela et al., 2009) і лише зрідка в угрупованнях класів *Phragmito-Magnocaricetea* та *Bidentetea* Tx. et al. ex von Rochow 1951 (Dite et al., 2015). На основі проведених досліджень та аналізу літературних джерел встановлено, що *C. bohemica* за більшістю екологічних факторів є стенотопним видом і має діапазон едафічних та кліматичних факторів у межах двох балів (Serednytska, 2016).

У виявленій популяції ми нарахували 95 особин. На час спостереження всі вони перебували в генеративному віковому стані, що вказує на одночасне проростання насіння та синхронність онтогенетичних стадій розвитку особин цієї популяції. Є відомості про онтогенез даного виду як за типом багаторічника, так і за типом однорічника (Scherbakova et al., 2018). Ймовірно, виявлений нами локалітет представляє варіант відновлення популяції першого року розвитку із насінного банку. Попередні дослідження особливостей репродуктивної поведінки цього виду *in situ* та *ex situ* показали коротку тривалість догенеративних фаз розвитку, безперервність цвітіння впродовж вегетації, високу насінневу продуктивність, здатність насіння зберігати схожість, проростати в різні строки впродовж літа та формувати потужний насінневий банк у ґрунті. Все це надало авторам підстави віднести *C. bohemica* до видів R-типу репродуктивної стратегії (Scherbakova et al., 2018). Слід зауважити, що випадок відносно

раннього (27.05.2021) квітання *C. bohemica* в умовах *in situ* на теренах України виявлено нами вперше. Досить ймовірно, що догенеративні етапи онтогенезу рослини виявленої нами популяції пройшли в літньо-осінній період 2020 р. Особливі погодні умови зими 2020–2021 рр., а саме: становлення глибокого снігового покриву до замерзання ґрунту, короткі відлиги з дощем та ущільненням снігу, формування потужного шару насту, збереження снігового покриву до третьої декади березня 2021 р. сприяли успішній зимівлі лише найбільш розвинутих особин, які вступили у фазу цвітіння вже в середині травня. Такий варіант розвитку популяції цілком закономірний для рослин R-типу репродуктивної стратегії.

Щодо загроз існуванню популяції *C. bohemica*, то насамперед слід вказати на зростання впливу в досліджених фітоценозах видів-трансформерів чужинного походження та синантропних видів, що можуть шляхом конкуренції спричинити елімінацію або зменшення ценопопуляції цього виду. Сумісне зростання із *C. bohemica* в різних регіонах встановлено для *Plantago major* L., *Amorpha fruticosa* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist (*Erigeron canadensis* L.), *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv., *Oenothera* sp., *Polygonum aviculare* L. aggr., *Persicaria minor* (Huds.) Opiz, *P. hydropiper* (L.) Delarbre, *P. maculosa* Gray (*Polygonum persicaria* L.), *Solidago gigantea* Aiton, *Urtica dioica* L., *Erechtites hieraciifolius* (L.) Raf. ex DC., *Epilobium* sp. (Csiky, Purger, 2008; Belinska, Yakubenko, 2017). У виявленому нами місцезростанні існують найімовірніші загрози від розростання *Bidens frondosa* L., рослини якого вже наявні в угрупованнях осоки, а занос сюди *Amorpha fruticosa* може становити найбільшу небезпеку. Значною загрозою існуванню популяції цього виду також є осушувальна меліорація заболочених земель, яка призводить до зниження рівня ґрунтових вод, а відповідно, і до багаторічного, тривалого пересихання мілководних водойм. Пожежі, випадки яких можливі в найбільш тривалі посушливі періоди, можуть спричинити загибель насіння в ґрунті, а, відповідно, і безповоротну втрату популяції.

Таким чином, у межах Київської обл. виявлено нове місцезростання одного із рідкісних видів флори України – *C. bohemica*. Цей вид поширений в угрупованнях союзу *Eleocharita palustris-Sagittarion sagittifoliae* та інших фітоценозах класу *Phragmito-Magnocaricetea*, де мають місце деградаційно-демутатійні процеси. Наявність описаної популяції в межах масиву піщаної тераси межириччя річок

Дніпра та Карані – території, досить цікавої у фітосозологічному, флористичному, геоботанічному та біотопічному відношенні (Solomakha et al., 2021), націлює на пошуки тут нових локалітетів виду, оскільки придатні для зростання *C. bohemica* біотопи займають тут великі площі.

Список посилань

- Andriyenko T.L. 1996. *Carex bohemica*. In: *Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom*. Ed. Yu.R. Shelyag-Sosonko. Kyiv: Ukrayinska entsyklopediya, p. 406. [Андрієнко Т.Л. 1996. *Carex bohemica*. В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ*. Ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко. Київ: Українська енциклопедія, с. 406].
- Andriyenko T.L., Pryadko O.I., Nedorub O.Y., Antosyak V.M. 1999. *Ukrainian Botanical Journal*, 56(2): 160–162. [Андрієнко Т.Л., Прядко О.І., Недоруб О.Ю., Антосяк В.М. 1999. Нові місцезнаходження *Carex bohemica* Schreb. в Україні. *Український ботанічний журнал*, 56(2): 160–162].
- Belinska M.M., Yakubenko B.E. 2017. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya Biolohiya*, 1(68): 25–28. [Белінська М.М., Якубенко Б.Є. 2017. Гідрологічний заказник "Теребіжі" ключова територія збереження місцезростань *Carex bohemica* Schreber та інших раритетів НПП "Мале Полісся". *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія*, 1(68): 25–28].
- Csiky J., Purger D. 2008. Monitoring of plant species the Drava River and in Baranja (Croatia). In: *Biodiversity studies along the Drava River*. Ed. J.J. Purger. Pecs (Hungary): University of Pecs, pp. 13–56.
- Danylyk I.M., Andriyenko T.L., Mosyakin S.L. 2009. *Carex bohemica*. In: *Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom*. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 82. [Данилик І.М., Андрієнко Т.Л., Мосякін С.Л. 2009. *Carex bohemica*. В кн.: *Червона книга України. Рослинний світ*. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 82].
- Dite D., Eliás P., Melečkova Z., Šimkova A. 2015. *Ostrica česká (Carex bohemica Schrad.)*, známý-neznámý druh slovenskej flóry. *Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti*, 37(2): 169–179.
- Katerynenko A.V. 2018. In: *Regional aspects of floristic and faunistic research: proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference*. Eds I.I. Chornei, I.V. Skilsky, A.V. Yuzyk. Chernivtsi: Druk Art, pp. 43–45. [Катериненко А.В. 2018. Нова ценопопуляція осоки богемської (*Carex bohemica* Schreber) у межах національного природного парку "Мале Полісся". В зб.: *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень: матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернівці, 19 квітня 2018 р.)*.

- Ред.: І.І. Чорней, І.В. Скільський, А.В. Юзик. Чернівці: Друк Арт, с. 43–45].
- Krechetovych V.I. 1940. *Carex cyperoides*. In: *Flora URSS*, vol. 2. Ed. Ye.I. Bordzilovskiy. Kyiv: AN URSS, pp. 479–480. [Кречетович В.І. 1940. *Carex cyperoides*. В кн.: *Флора УРСР*, т. 2. Ред. Є.І. Бордзіловський. Київ: Вид-во АН УРСР, с. 479–480].
- Krylova E.G., Tikhonov A.V., Ivanova E.S. 2018. The zone of temporary flooding of small rivers as an area of increased floristic diversity. *Biosystem Diversity*, 26(1): 30–36. <https://doi.org/10.15421/011805>
- Lysenko H.M. 2019. In: *Znakhidky roslyn i hrybiv Chervonoї knyhy ta Bernskoi konvetsii (Rezoliutsiia 6)*, vol. 1. Ed. A.A. Kuzemko. Kyiv; Chernivtsi: Druk Art, p. 281. [Лисенко Г.М. 2019. Динаміка популяції *Carex bohemica* Schreber на території Ічнянського Національного природного парку. В кн.: *Знахідки рослин і грибів Червоної книги та Бернської конвенції (Резолюція 6)*, т. 1. Ред. А.А. Куземко. Київ; Чернівці: Друк Арт, с. 281].
- Popiela A. 1999. The distribution of character species of the *Isoeto-Nanojuncetea* class in Poland. Part II. *Carex bohemica*, *Eleocharis ovata* and *Juncus tanageia*. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 44(1): 43–48.
- Popiela A. 2005. *Isoeto-Nanojuncetea* species and plant communities in their eastern distribution range (Poland). *Phytocoenologia*, 35(2–3): 283–303. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2005/0035-0283>
- Popiela A., Prajs B., Lysko A. 2009. New data on the distribution of dwarf ephemeral wetland vascular plant species and communities in western and northwestern Poland. *Biodiversity: Research and Conservation*, 15: 41–46. <https://doi.org/10.2478/v10119-009-0016-0>
- Poschlod P. 1996. Population biology and dynamics of a rare short-lived pond mud plant, *Carex bohemica* Schreber. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 25: 321–337.
- Prekrasna E., Vasyliuk O., Domashevsky S., Parnikoza I., Fatikova M., Nadeina O., Norenko K. 2012. *The "Diyvychky" National Nature Park in the Kyiv region has been designed. Series: Let's save the Ukrainian Steppes*. Kyiv: NECU, 44 pp. [Прекрасна Є., Василюк О., Домашевський С., Парнікоза І., Фатікова М., Надєїна О., Норенко К. 2012. *Проектований національний природний парк "Дівички" у Київській області*. Серія: Збережемо українські степи. Київ: НЕЦУ, 44 с.].
- Scherbakova O., Novosad K., Novosad V. 2018. *Plant Introduction*, 4(80): 45–53. [Щербаківа О.Ф., Новосад К.В., Новосад В.В. 2018. Біоморфологічні та популяційно-онтогенетичні маркери репродуктивної стратегії *Carex bohemica* Schreber в умовах *ex situ* та *in situ*. *Інтродукція рослин*, 4(80): 45–53].
- Serednytska S. 2016. *Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*, 12(337): 42–47. [Середницька С. 2016. Екологічна характеристика *Carex bohemica* Schreb. (*Cyperaceae*) в Україні. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*, 12(337): 42–47].
- Solomakha I.V., Shevchik V.L., Bezsmertna O.O., Bondar I.V. 2021. *Chornomorski Botanical Journal*, 17(1): 46–58. [Соломаха І.В., Шевчик В.Л., Безсмертна О.О., Бондар І.В. 2021. Аутфітосозологічна характеристика піщаних терас долинного комплексу Дніпро-Карань (Середнє Придніпров'я). *Чорноморський ботанічний журнал*, 17(1): 46–58]. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2021-17-1-3>
- Zhigalenko O.A., Danylyk I.M., Andriyenko T.L. 2009. *Ukrainian Botanical Journal*, 66(4): 566–570. [Жигаленко О.А., Данилик І.М., Андрієнко Т.Л. 2009. Нова знахідка *Carex bohemica* Schreb. (*Cyperaceae*) з Лівобережного Лісостепу (Україна). *Український ботанічний журнал*, 66(4): 566–570].

Рекомендує до друку І.А. Коротченко

Шевчик В.Л., Соломаха І.В. 2021. **Нова знахідка *Carex bohemica* (*Cyperaceae*) на Київщині (Україна).** *Український ботанічний журнал*, 78(5):360–364. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.360>

Канівський природний заповідник ННЦ "Інститут біології та медицини" Київського національного університету імені Тараса Шевченка, вул. Шевченка 108, Канів 19000, Черкаська область, Україна: В.Л. Шевчик. Інститут агроєкології і природокористування НААН України, вул. Метрологічна 12, Київ 03143, Україна: І.В. Соломаха.

Реферат. Виявлено нове місцезростання *Carex bohemica* – рідкісного виду з Червоної книги України. Досліджена популяція розташована в межах Київської області на території об'єкту Смарагдової мережі UA0000337 "Дівички" (Лівобережний Лісостеп) і локалізована в єдиному контурі, що охоплює дві різні за ступенем зволоженості ґрунту ділянки. На площі 30 м² виявлено 95 особин рослин виду. На час спостереження всі особини перебували в генеративному віковому стані. Варіанти фітоценозів із участю *C. bohemica* належать до класу *Phragmito-Magnocaricetea* і подібні до більшості угруповань, в яких зростання цього виду виявлено на території України. Загрозою для існування цієї популяції може бути зростання участі видів-трансформерів чужинного походження та синантропних видів. Значні ризики також становлять часті пожежі. Наголошено на необхідності пошуків нових локалітетів *C. bohemica* у регіоні досліджень, оскільки тут наявні великі площі, зайняті придатними для його зростання біотопами.

Ключові слова: *Carex bohemica*, Лівобережний Лісостеп, нове місцезнаходження, рідкісний вид, Смарагдова мережа, Червона книга України



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.365>

SHORT COMMUNICATION

Нова знахідка рідкісного гриба *Hericium erinaceus* (*Russulales*) в Україні

Федір П. ТКАЧЕНКО^{1*}, Микола П. ПРИДЮК² 

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, вул. Дворянська 2, Одеса 65058, Україна

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

Abstract. A new locality of the rare fungus *Hericium erinaceus*, the species to be included in the *Red Data Book of Ukraine*, is reported. The fungus was found in Odesa city, for the first time in the steppe zone of Ukraine. This species is an edible and biotechnologically valuable fungus. A description of the new locality and macro- and micromorphological characters of the found fruit bodies are provided. The information about its distribution in Ukraine and worldwide, as well as the original illustrations, are presented.

Keywords: *Basidiomycota*, new record, *Red Data Book of Ukraine*, steppe zone, wood decomposing fungi

Article history. Submitted 14 May 2021. Revised 01 July 2021. Published 29 October 2021

Citation. Tkachenko F.P., Prydiuk M.P. 2021. A new record of the rare fungus *Hericium erinaceus* (*Russulales*) in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 78(5): 365–369. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.365>

Affiliation. Odesa I.I. Mechnikov National University, 2 Dvorianska Str., Odesa 65058, Ukraine: F.P. Tkachenko. M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine: M.P. Prydiuk.

*Corresponding author (e-mail: tyf@ukr.net)

Вступ

Інвентаризаційні дослідження грибів є необхідною передумовою їхньої охорони та збереження. Особливої ваги ця робота набуває в міських агломераціях, де спостерігається значний антропогенний тиск на навколишнє середовище. Хоча дереворуйнівні гриби вважаються стійкішими до забруднення, аніж представники інших еколого-трофічних груп, проте на їхнє розповсюдження цей фактор також впливає (Medvedev, 2006). Наприклад, пригнічений стан міських дерев та кущів нерідко сприяє поширенню деяких з них. Під час дослідження видового складу дереворуйнівних грибів у парках та інших деревних насадженнях м. Одеса нами за останні роки було виявлено 27 представників цієї еколого-трофічної групи, в тому числі й рідкісних (Tkachenko, Oralko, 2020). Більшість з них мають практичне значення

(зокрема, містять різноманітні біологічно активні сполуки) (Macromycetes..., 2012; González-Quero, Martinez, 2020). Їхні вторинні метаболіти містять поліцукри, β-глюкани, тритерпени, стероли, глюкопротеїди та імуномодулятори, які мають значний терапевтичний ефект (Chaturvedi et al., 2018). Екстракти грибів використовують для лікування, насамперед, онкологічних хвороб, поліпшення стану хворих після радіоактивного опромінення та хіміотерапії (Macromycetes..., 2012; Rossi et al., 2019). Гриби здатні продукувати речовини, які також виявляють антиоксидантні, антибактеріальні, антивірусні, імуномодулюючі, гепатопротекторні, антигіпохолестеринові, антипаразитні та седативні властивості (Brandt, Piraino, 2000). Тому бережливе ставлення до цього природного джерела сучасних і майбутніх медичних препаратів є необхідністю.

© 2021 F.P. Tkachenko, M.P. Prydiuk. 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

Під час обстеження міських зелених насаджень восени 2020 р. після значних опадів вдалося виявити чотири нових для Одеси види дереворуйнівних грибів (*Hemipholiota populnea* (Pers.) Bon, *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers., *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. і *Pleurotus dryinus* (Pers.) P.Kumm). Серед них найбільший інтерес становить *H. erinaceus* (*Hericiaceae*, *Russulales*), оскільки він у поточному році включений (під номером 833) у "Перелік видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ)" (http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE35992.html). Отже, будь-які нові дані щодо його поширення в Україні набувають чималого значення. Згідно до мікологічного районування України (Heluta, 1989), нове місцезнаходження *H. erinaceus* розташоване в Правобережному Злаково-Лучному Степу. Цей вид досі не реєстрували в степовій зоні України, нещодавні публікації про знахідки *H. erinaceus* стосуються Карпат (Dudka et al., 2019) та Криму (Dudka et al., 2004; Sarkina, Stavnishenko, 2019), а раніші – переважно Полісся та Лісостепу (Bobyak, 1907; Gizhytska, 1929; Sosin, 1940; Zerova et al., 1972).

Відомо, що *H. erinaceus* не тільки їстівний гриб, а й перспективний для медицини продуцент біологічно-активних сполук (González-Quero, Martinez, 2020). У першу чергу можна згадати герінацин, який продемонстрував певну ефективність у лікуванні деяких хвороб нервової системи (у т. ч. Альцгеймера і Паркінсона), а також при депресивних станах хворих. Такі компоненти герінацину, як 3-гідроксігеріценон F, геріценони I та J, позитивно впливають на нейрони, стимулюють гіпокамп-залежне навчання та поліпшують пам'ять (Chiu et al., 2018). Загалом *H. erinaceus* проявляє антимікробні, антигіперглікемічні та гемаглютинуючі властивості (Chiu et al., 2018), а добре відпрацьована технологія культивування робить цей гриб дуже перспективним біотехнологічним об'єктом (Miroshnychenko et al., 2018).

Матеріали та методи

Збір матеріалу проводили маршрутним методом. Ідентифікацію гриба виконано за визначником (Zerova et al., 1972), з уточненням за іншими джерелами (Nikolajeva, 1961; Gminder et al., 2000). Опис макро- та мікроструктур базується на вказаному нижче зразку. Деталі мікроскопічної будови досліджували на сухому матеріалі. Для цього виготовляли

поперечні та поздовжні зрізи шипів гіменофору. Дали їх монтували в 3%-му розчині КОН і забарвлювали Конго-червоним для більшої контрастності. Розміри спор, що наведені в тексті статті, ґрунтуються на вимірах 20 випадково відібраних екземплярів (у т. ч. найменшого та найбільшого). Досліджений зразок переданий до гербарію Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW-M) (оскільки матеріал був зібраний до того, як гриб був внесений до списку видів, що охороняються законом про Червону книгу, його вилучення із природи не потребувало додаткових дозволів).

Результати

Нижче наводимо повний опис зібраного зразка із зазначенням макро- та мікроознак, його місцезнаходження, а також інформацію щодо його поширення в Україні та світі.

Hericium erinaceus (Bull.) Pers., Comm. fung. clav. (Lipsiae): 27. 1797. – Рис. 1, 2.

Bas.: *Hydnum erinaceus* Bull., Herbar de la France 1: t34. 1781.

Syn.: *Clavaria erinaceus* (Bull.) Paulet, Traité champ. (Paris) 2(Index): 1–476. 1793. – *Hydnum erinaceus* Bull., Herb. Fr. (Paris) 1: tab. 34. 1781 [1780–81]. – *Hericium erinaceus* var. *sulphureum* Pers., Mycol. eur. (Erlanga) 2: 153. 1825. – *Hericium erinaceus* var. *viridescens* Pers., Mycol. eur. (Erlanga) 2: 153 (1825). – *Dryodon erinaceus* (Bull.) P.Karst., Bidr. Känn. Finl. Nat. Folk 37: 92. 1882. – *Hericium erinaceus* subsp. *erinaceo-abietis* Burds., O.K.Mill. & Nishij., Mycotaxon 7(1): 4. 1978. – *Hydnum caput-medusae* Bull., Herb. Fr. (Paris) 9: tab. 412. 1789. – *Hericium caput-medusae* (Bull.) Pers., Comm. fung. clav. (Lipsiae): 26. 1797. – *Merisma caput-medusae* (Bull.) Spreng., Syst. veg. 4(1): 496. 1827. – *Dryodon caput-medusae* (Bull.) Quél., Enchir. fung. (Paris): 193. 1886. – *Hericium erinaceus* f. *caput-medusae* (Bull.) Nikol., Acta Inst. Bot. Acad. Sci. USSR Plant. Crypt., Ser. II 5: 340. 1950. – *Hericium hystrix* Pers., Comm. fung. clav. (Lipsiae): 27. 1797. – *Hydnum hystrix* (Pers.) Fr., Syst. mycol. (Lundae) 1: 410. 1821. – *Merisma hystrix* (Pers.) Spreng., Syst. veg., Edn 16 4(1): 496. 1827. – *Martella hystrix* (Pers.) Lloyd, Mycol. Writ. 3: 457. 1910. – *Dryodon juranus* Quél., C. r. Assoc. Franç. Avancem. Sci. 30(2): 496. 1902 [1901]. – *Hydnum juranum* (Quél.) Sacc. & D.Sacc., Syll. fung. (Abellini) 17: 150. 1905. – *Hericium erinaceus* subsp. *unguiculatum* Pers., Mycol. eur. (Erlanga) 2: 153.

1825. – *Hydnum unguiculatum* (Pers.) Streinz, Nomencl. fung. (Berlin): 326. 1861. – *Hericium unguiculatum* (Pers.) Legon & A. Henrici, Checklist of the British & Irish Basidiomycota (Richmond): 126. 2005. – *Martella echinus* Scop., Annus hist.-nat. 4: 151. 1770. – *Hericium echinus* (Scop.) Pers., Comm. fung. clav. (Lipsiae): 28. 1797. – *Manina cordiformis* Scop., Diss. sci. nat., Edn 1: 97. 1772. – *Hydnum hystricinum* Batsch, Elench. fung. (Halle): 113. 1783. – *Martella hystricinum* (Batsch) Kuntze, Revis. gen. pl. (Leipzig) 3(3): 492. 1898. – *Clavaria conferta* Paulet, Traité champ. (Paris) 2(Index): 427. 1793. – *Hericium grande* Raf., Ann. Bot. (Desvaux) 1: 237. 1813. – *Steccherinum quercinum* Gray, Nature distribution of GB plants 1: 651. 1821. – *Hericium commune* Roques., Histoire des champignons comestibles et vénéneux 47: 1832. – *Hydnum omasum* Panizzi, Comm. Soc. crittog. Ital. 1(fasc. 3): 175. 1862.

Плодові тіла діаметром до 15 см, надеревні, м'ясисті, напівкулясті, округлоприплюснуті або подушкоподібні, поодинокі або в зростках по кілька штук, сидячі або з короткою ексцентричною ніжкою, повністю вкриті шипастим гіменофором, білі, згодом жовтувато-вохристі до рудувато-вохристих. Шипи 1–3 см завд., до 0,1 см у діам. при основі, прямі або на кінці трохи зігнуті. М'якуш з порожнинами, білий, солодкуватий, з приємним грибним запахом. Споривий порошок білий. Спори 5,5–6,2 × 5,0–5,5 мкм, широкоовальні до майже округлих, гладенькі, тонкостінні, безбарвні. Глеоцистиди 3–10 мкм завтов., зернисті.

Ксилотроф (факультативний паразит), розвивається на живих і мертвих деревах, переважно на дубі та буці, рідше на інших листяних породах (вільсі, грабі, кінському каштані, осиці тощо, в нашому випадку – на платані). Трапляється як у природних лісах (листяних і мішаних), так і в штучних насадженнях (садах та парках), з серпня до листопада.

Досліджений зразок. м. Одеса, старі деревні насадження *Platanus × hispanica* Mill. ex Münchh. (*Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd.), з домішкою *Acer platanoides* L. і *Juniperus sabina* L.), у дуплі *Platanus × hispanica* на висоті приблизно 3 м від поверхні землі, 17.11.2020 (KW-M71219), збір. Ф.П. Ткаченко.

Поширення в Україні. *Карпатські ліси:* Закарпатська обл., Міжгірський р-н, НПП "Синеvir", на гнилій деревині; Рахівський р-н, Карпатський біосферний заповідник, на деревині ялини; Львівська обл., Сколівський р-н, НПП "Сколівські Бескиди", на ялиці (Dudka et al., 2019). *Західноукраїнські ліси:* Тернопільська обл.,

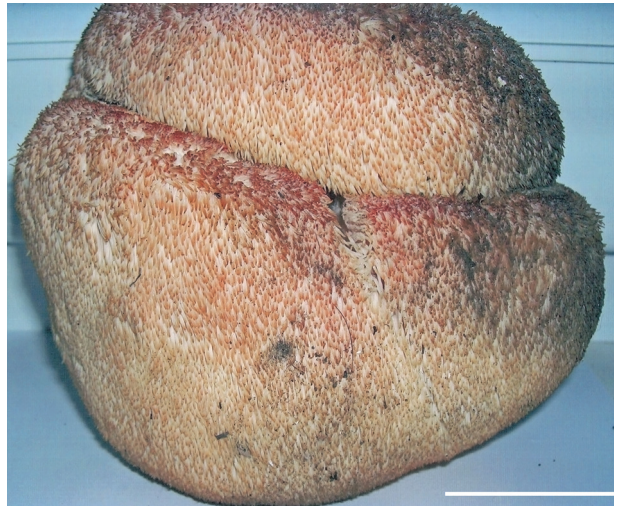


Рис. 1. Плодове тіло гриба *Hericium erinaceus* (KW-M71219). Масштабна лінійка: 5 см

Fig. 1. Fruit body of *Hericium erinaceus* (KW-M71219). Bar: 5 cm



Рис. 2. Плодове тіло *Hericium erinaceus* на стовбурі *Platanus × hispanica*

Fig. 2. Fruit body of *Hericium erinaceus* on trunk of *Platanus × hispanica*

Бережанський р-н, околиця с. Куряни, листяний ліс, на гнилому пні граба, 1903–1905 рр.; околиця с. Лапшин, листяний ліс, на гнилому стовбурі вільхи, 1903–1905 рр. (Bobyak, 1907). *Західний Лісостеп*: Хмельницька обл., Кам'янець-Подільський р-н, околиці м. Кам'янець-Подільський, листяний ліс, на пні в'яза, вересень 1934 р. (Sosin, 1940). *Правобережне Полісся*: Київська обл., Бучанський р-н, м. Ірпінь, на живому стовбурі дуба, 30.10.1928 (Gizhytska, 1929). *Правобережний Лісостеп*: без точних даних (Zerova et al., 1972). *Лівобережний Лісостеп*: без точних даних (Zerova et al., 1972). *Гірський Крим*: АР Крим, Бахчисарайський р-н, Кримський природний заповідник, долина р. Альми, дубовий ліс, на сухих та живих стовбурах дуба, липень 1936, околиці кордону "Тар'єр", дубовий ліс, на стовбурі дуба, 15.10.1937 (Gutsevich, 1940), околиці кордону "Аспорт", ліс із дуба скельного, на сухому стовбурі дуба, 25.09.2001 (Dudka et al., 2004). *Південний берег Криму*: АР Крим, Алуштинська міськрада, г. Аю-Даг, ліс із дуба скельного, на живому стовбурі дуба, 08.10.2001 (Dudka et al., 2004); там само, на живих деревах, повалених стовбурах та сухостої дуба, 01.11.2013, 17.10.2015, 06.11.2015 (Sarkina, Stavishenko, 2019).

Загальне поширення. Європа (Австрія, Бельгія, Боснія та Герцеговина, Болгарія, Велика Британія, Греція, Данія, Іспанія, Італія, Латвія, Люксембург, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Північна Македонія, Польща, Португалія, Росія, Румунія, Сербія, Словаччина, Словенія, Угорщина, Україна, Франція, Хорватія, Чехія, Швейцарія, Швеція), Азія (Вірменія, Грузія, Індія, Китай, Малайзія, Монголія, Непал, Пакистан, Південна Корея, Північна Корея, Росія (Далекий Схід), Туреччина, Японія), Північна та Центральна Америка (Коста-Ріка, Мексика, США), Південна Америка (Колумбія), Австралія. Занесений до Червоних списків Австрії, Великої Британії, Нідерландів, Польщі, Словаччини, Чехії та Швеції (Nikolajeva, 1961; Gminder et al., 2000; http://iucn.ekoo.se/iucn/species_view/356812/).

Висновок

Отже, перша знахідка *Hericium erinaceus* на *Platanus ×hispanica* в зоні Степу істотно розширює відомості про поширення гриба в Україні. Отримані нами дані будуть корисними для підготовки наступного видання Червоної книги України.

Подяка

Висловлюємо щиру вдячність І.С. Саркіній за консультативну допомогу.

Список посилань

- Bobyak H. 1907. *Zbirnyk matematychno-pyrodopysnolikarskoyi seksii Naukovoho tovarystva im. Shevchenka*, 11: 1–40. [Боб'як Г. 1907. Причинки до микології східної Галичини. Гриби околиць Бережан. *Збірник математично-природописно-лікарської секції Наукового товариства ім. Шевченка*, 11: 1–40].
- Brandt C.R., Piraino F. 2000. Mushrooms antivirals. *Recent Research Developments in Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 4(1): 11–26.
- Chaturvedi V.K., Agarwal S., Gupta K.K., Ramteke P.W., Singh M.P. 2018. Medicinal mushroom: boon for therapeutic applications. *Biotechnology*, 8(8): 334. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1358-0>
- Chervona knyha Ukrainy. Roslynniyi svit (Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom)*. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, p. 565. [Червона книга України. Рослинний світ. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, с. 565].
- Chiu C.-N., Chyau C.-C., Chen C.-C., Lee L.-Y., Chen W.-P., Liu J.-L., Lin W.-H., Mong M.-C. 2018. Erinacine A-enriched *Hericium erinaceus* mycelium produces antidepressant-like effects through modulating BDNF/PI3K/Akt/GSK-3 β signaling in mice. *International Journal of Molecular Science*, 19(2): 341. <https://doi.org/10.3390/ijms19020341>
- Dudka I.O., Heluta V.P., Tykhonenko Yu.Ya, Andrianova T.V., Hayova V.P., Prydiuk M.P., Dzhagan V.V., Isikov V.P. 2004. *Gryby pryrodnykh zon Krymu (Fungi of Nature Zones of Crimea)*. Ed. I.O. Dudka. Kyiv: Phytosociocentr, 452 pp. [Дудка І.О., Гелюта В.П., Тихоненко Ю.Я., Андріанова Т.В., Гайова В.П., Придюк М.П., Джаган В.В. Ісіков В.П. 2004. *Гриби природних зон Криму*. Під заг. ред. І.О. Дудки. Київ: Фітосоціоцентр, 452 с.].
- Dudka I.O., Heluta V.P., Prydiuk M.P., Tykhonenko Yu.Ya., Akulov O.Yu., Hayova V.P., Zyкова M.O., Andrianova T.V., Dzhagan V.V., Shcherbakova Yu.V. 2019. *Fungi of reserves and national nature parks of the Ukrainian Carpathians*. Ed. prof. V.P. Heluta. Kyiv: Naukova Dumka, 214 pp. [Дудка І.О., Гелюта В.П., Придюк М.П., Тихоненко Ю.Я., Акуллов О.Ю., Гайова В.П., Зикова М.О., Андріанова Т.В., Джаган В.В., Щербаківа Ю.В. 2019. *Гриби заповідників та національних природних парків Українських Карпат*. Під заг. ред. В.П. Гелюти. Київ: Наукова думка, 214 с.].
- Gizhytska Z. 1929. *Bulletin of Kyiv Botanical Garden*, 10: 4–41. [Гіжицька З. 1929. Матеріали до мікофлори України. *Вісник Київського ботанічного саду*, 10: 4–41].

- Gminder A., Krieglsteiner G.J., Winterhoff W., Kaiser A. 2000. *Die Großpilze Baden-Württembergs*. Bd. 2. *Ständerpilze: Leisten-, Keulen-, Korallen- und Stoppelpilze, Bauchpilze, Röhrlings- und Täublingsartige*. Hrsg. von G.J. Krieglsteiner. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 620 pp.
- González-Quero N., Martínez P. 2020. Bioactive compounds in some principal mushrooms: An association to adverse effects. *GSC Advanced Research and Reviews*, 5(2): 31–47. <http://dx.doi.org/10.30574/gscarr.2020.5.2.0103>
- Gutsevich S.A. 1940. *Transactions of the Crimean State Reserve*, 2: 3–37. [Гуцевич С.А. 1940. Гименомицеты основных древесных пород Крымского заповедника. Труды Крымского государственного заповедника, 2: 3–37].
- Heluta V.P. 1989. *Flora gribov Ukrainy. Muchnistorosianyie griby*. Kiev: Naukova Dumka, 256 pp. [Гелюта В.П. 1989. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наукова думка, 256 с.].
- Medvedev A.G. 2006. *Polypores as indicators of change of forest ecosystems under the influence of anthropogenic impact*. Tver: ТИЕР. 236 pp. [Медведев А.Г. 2006. Трутовые грибы как индикаторы изменений лесных экосистем под воздействием антропогенной нагрузки. Тверь: ТИЕП, 236 с.].
- Miroshnychenko M.S., Lomberg M.L., Kracinko V.O. 2018. In: *Modern achievements of pharmaceutical technology and biotechnology: Conference proceedings, issue 4*. Kharkiv: NFAU, pp. 155–158. [Мірошніченко М.С., Ломберг М.Л., Красінько В.О. 2018. Перспективи використання грибів *Hericium erinaceus* для розробки нових лікарських засобів. У зб.: Сучасні досягнення фармацевтичної технології і біотехнології: матеріали конференції (Харків, 1–2 березня 2018 р.), вип. 4. Харків: Видавництво НФаУ, с. 155–158].
- Macromycetes: medicinal properties and biological peculiarities*. 2012. Ed. S.P. Wasser. Kyiv, 285 pp.
- Nikolajeva T.L. 1961. *Flora plantarum cryptogamarum URSS*, vol. 6: *Fungi (2). Familia Hydnaceae*: Moscow; Leningrad: Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, 432 pp. [Николаева Т.Л. 1961. Флора споровых растений СССР, том 6: Грибы (2). Ежовиковые грибы. Москва; Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 432 с.].
- Rossi P., Difancia R., Quagliariello V., Savino E., Tralongo P., Rondazzo C.L., Berretta V. 2019. β -glucans from *Grifola frondosa* and *Ganoderma lucidum* in breast cancer an example of complementary and integrative medicine. *Oncotarget*, 9(37): 24837–24856. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.24984>
- Sarkina I.S., Stavishenko I.V. 2019. *Scientific transactions of the Nature Reserve "Mys Martian"*, 10: 44–60. [Саркина И.С., Ставищенко И.В. 2019. Аннотированный список макромицетов ландшафтного заказника "Гора Аюдаг". Научные записки природного заповедника "Мыс Мартьян", 10: 44–60].
- Sosin P.Ye. 1940. *Botanical journal of Academy of Science of USSR*, 1(2): 381–386. [Сосін П.Є. 1940. Матеріали до флори грибів Кам'янець-Подільської області. Ботанічний журнал АН УРСР, 1(2): 381–386].
- Tkachenko F.P., Opalko T.I. 2020. *Visnyk Odeskogo Natsionalnogo Universytetu. Biologia*, 25(1): 42–51. [Ткаченко Ф.П., Опалко Т.І. 2020. Ксилотрофні гриби зелених насаджень м. Одеси. Вісник Одеського Національного університету. Біологія, 25(1): 42–51].
- Zerova M.Ya., Radzievsky G.P., Shevchenko S.V. 1972. *Uznachnyk grybiv Ukrainy Basydiomicety*, vol. 5, book 1. Kyiv: Naukova Dumka, 338 pp. [Зерова М.Я., Радзівський Г.П., Шевченко С.В. 1972. *Визначник грибів України. Базидіоміцети*, т. 5, кн. 1. Київ: Наукова думка, 338 с.].

Рекомендує до друку В.П. Гелюта

Ткаченко Ф.П., Придюк М.П. 2021. **Нова знахідка рідкісного гриба *Hericium erinaceus* (Russulales) в Україні.** *Український ботанічний журнал*, 78(5): 365–369. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj78.05.365>

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, вул. Дворянська 2, Одеса 65058, Україна: Ф.П. Ткаченко. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна: М.П. Придюк.

Реферат. Надано інформацію про нове місцезнаходження рідкісного гриба *Hericium erinaceus*, внесеного у новий "Перелік видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ)" (2021). Вид знайдений у м. Одеса – вперше у степовій зоні України. Гриб належить до цінних їстівних, а також є перспективним біотехнологічним об'єктом. У статті подано опис нового локалітету, детальні дані про макро- та мікроскопічні особливості знайдених плодових тіл. Узагальнено інформацію про його поширення в Україні та світі, надано оригінальні світліни.

Ключові слова: *Basidiomycota*, дереворуйнівні гриби, нова знахідка, степова зона, Червона книга України

Український ботанічний журнал. 2021 • 78 • 5. 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 №. 12 від 19 жовтня 2021 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

