

БІЛОНОЖКО Ю.О.<sup>✉</sup>, КРУПОДЬОРОВА Т.А., ТОПЧІЙ Т.В., РАБОКОНЬ А.М., ПОСТОВОЙ-ТОВА А.С., КАЛАФАТ Л.О., ПРИВАЛІХІН С.М., ПІРКО Я.В.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України»,

Україна, 04123, м. Київ, вул. Осиповського, 2а, ORCID: 0000-0002-7099-0455, 0000-0002-4665-9893, 0000-0002-6249-1824, 0000-0003-3768-5763, 0000-0001-9686-5946, 0000-0003-1887-5406

<sup>✉</sup> tkacheva\_ua@ukr.net, (067) 951-18-45

## ФІТОФАГИ ТА МІКОБІОТА ОМЕЛИ БІЛОЇ

**Мета.** Мета роботи – вивчення природних антагоністів омели білої (*Viscum album* L.), які можуть чинити вплив на кількість та швидкість розповсюдження цього виду. **Методи.** У дослідженні використано рослинний матеріал *V. album*, зібраний у міських насадженнях м. Києва. Дослідження проводилися переважно в паркових зонах та міських насадженнях Подільського району. Збір зразків ураженої омели білої проводили маршрутним методом упродовж 2019–2021 років. Обстежувався також рослинний матеріал під час санітарних різок комунальних підприємств. Камеральну обробку зібраного матеріалу проводили згідно із загальноприйнятими мікологічними та ентомологічними методиками. **Результати.** Проаналізовано різні види хребетних та безхребетних тварин, грибів, лишайників та бактерій, які формують тісні екологічні зв'язки з *V. album*. Встановлено, що декілька видів грибів можуть паразитувати саме на *V. album*, проявляючи при цьому досить високий рівень спеціалізації. Також помічено явище гіперпаразитизму. **Висновки.** Визначено список видів, пов'язаних з омелою білою, та оцінено можливість їх використання в розробці біологічних методів контролю *V. album*.

**Ключові слова:** *Viscum album*, фітофаги, гіперпаразитизм.

*Viscum album* L. (омела біла, або омела європейська) – широко розповсюджений вид напівпаразитичної рослини, що оселяється на різноманітних видах деревних рослин. Серед останніх нараховують до 500 видів (як голонасінних, так і покритонасінних порід). Зараження омелою для рослини стає головним біотичним стресовим чинником, який призводить до уповільнення росту, передчасної дефоліації, зменшення площі фотосинтезуючих тканин, зміни у водно-

му та вуглецевому балансі та може сприяти зараженню рослини іншими патогенами, переважно через загальне ослаблення [1]. Загалом роль омели в екосистемах не можна визначати лише як паразита та шкідника, оскільки вона бере участь у формуванні біорізноманіття в рослинних та тваринних угрупованнях (сприяючи трофічним і структурним взаємодіям в екосистемах) [2].

Незважаючи на значний науковий та практичний інтерес до цього виду, дослідження біологічних особливостей омели мають фрагментарний характер. Слід зазначити, що особливої уваги потребує вивчення ролі *V. album* у взаємодії з паразитичними видами, які могли б стати основою в розробці мір із контролю її чисельності. На сьогодні використовують кілька варіантів боротьби з омелами (обрізка заражених гілок, за значного ступеня зараження – видалення дерев, використання системних гербіцидів тощо), однак всі вони чинять значний вплив на рослину-живителя та екосистему в цілому.

Методи біологічної боротьби наразі є перспективними, однак не розробленими до кінця. Ті з них, які спрямовані на опилувачів та розповсюджувачів, є неприйнятними, оскільки призводять до значних екологічних наслідків, а гіперпаразитизм (паразитування однієї омели на іншій) призводить до перенавантаження дерева, на якому зростає омела, і може призводити до його загибелі.

Отже, метою нашої роботи було вивчення природних антагоністів омели білої (*V. album*), які можуть чинити вплив на кількість та швидкість розповсюдження цього виду.

© БІЛОНОЖКО Ю.О., КРУПОДЬОРОВА Т.А., ТОПЧІЙ Т.В., РАБОКОНЬ А.М., ПОСТОВОЙТОВА А.С., КАЛАФАТ Л.О., ПРИВАЛІХІН С.М., ПІРКО Я.В.

## Матеріали і методи

Дослідження проводилися переважно в паркових зонах та міських насадженнях Подільського району м. Києва. Збір зразків омели білої, ураженої іншими паразитичними організмами, проводили маршрутним методом упродовж 2019–2021 років. Обстежувався також рослинний матеріал під час санітарних різок комунальних підприємств. Збір матеріалу супроводжувався відповідними описами: дата та місце збору, де був взятий зразок, фіксувалися види деревних порід. Камеральну обробку зібраного матеріалу проводили згідно із загальноприйнятими мікологічними та ентомологічними методиками [3]. Для вивчення фітофагів та мікобіоти використовували біокуляр МБС-1, світловий мікроскоп AxioStar, Zeiss; фотографії виготовляли, користуючись цифровою камерою AxioCam MRc5 (Zeiss) та програмним забезпеченням AxioVision 4.7 (Zeiss), а також камерою Canon 800 D.

## Результати та обговорення

Список тварин, які вживають у їжу різні частини омели, є досить значним. У ньому присутні великі травоядні тварини, зокрема такі, як косулі, олені, кози, які за умови, що дістають до кущів омели, можуть значно її об'їдати [4]. Однак ці організми не можуть бути чинником контролю чисельності омели в великих населених пунктах.

Досить багато птахів використовує у їжу ягоди омели, сприяючи при цьому її розповсюдженню, оскільки *V. album* є важливим поживним ресурсом, особливо взимку. Крім цього, її кущі можуть слугувати місцем для гніздування деяких видів [5]. Водночас більшість видів синиць (*Cyanistes caeruleus* L., *Parus major* L., *Periparus ater* L., *Poecile palustris* L.) вживають у їжу саме насіння, а не плоди, збираючи його з гілок, таким чином запобігаючи розповсюдженню омели [4; 5]. При цьому їх вплив на чисельність паразита є залежним від значної кількості факторів, серед яких найважливішим є кількість особин та інтенсивність їх харчування омелою.

Різноманітність комах, які певним чином взаємодіють з *V. album*, можна умовно розділити на три групи: запилювачі квітів, первинні травоядні комахи та комахи, що живляться фітофагами омели. Рослиноїдні комахи, які часто живуть і на свіжих зелених, і на мертвих частинах омели, вважаються основними її спожива-

чами. Їх нараховується трохи більше 20 видів [3; 6]. Нами було помічено декілька видів комах, що живилися різними частинами омели. Серед них представники ряду Напівтвердокрилих (Hemiptera L.), зокрема з надродини Попелиць (Aphidoidea Geoffroy); родини Цикад (Cicadidae Latreille); родини Щитівки (Diaspididae Targioni Tozzetti), родини Листоблішки (Psyllidae Latreille) та ряду перетинчастокрилих (Hymenoptera L.) – родини мурахи (Formicidae Latreille) (рис. 1). Також спостерігалися комахи (личинки Твердокрилих), які жили попелицями.

За науковими літературними даними, основні види Твердокрилих, які оселяються та пошкоджують пагони омели, а отже, потенційно можуть сприяти її знищенню, належать до роду *Agrilus* Curtis (*A. graecus* Obenberger, *A. jacetanus* Sánchez & Tolosa, *A. kutahyanus* Królik, *A. roscidus* Kiesenwetter) [5–7]. Ці види можна вважати потенційними агентами біоконтролю *V. album*, однак значного ефекту можна досягти лише за умови масового поширення виду фітофагу на рослинах. Цьому сприяє відносно довга тривалість життя листя *V. album* (приблизно 3 роки), що дозволяє кохам розмножитися та виростити декілька поколінь на листі напівпаразита, поступово збільшуючи чисельність, а відповідно і пошкоджуваність омели.

Зелені вегетативні частини *V. album*, особливо більш старі та здерев'янілі ділянки, можуть колонізуватися різними видами лишайників, які також ростуть на корі рослин-живителів (рис. 2; 1–3). Частіше за інші помічають *Xanthoria* subsp. *parietina* (L.) Th.Fr. та *Physcia* subsp. *tenella* (Scop.) DC. [5].

У результаті чисельних досліджень було виявлено майже 90 таксонів грибів із 50 родин, 32 рядів та 13 класів, пов'язаних із *V. album*, а також встановлено таксони, які асоціюються з омелою лише експериментально [8–10].

Більшість із зазначених у цьому переліку грибів є сапротрофними гіфоміцетами (або грибами, що утворюють цвіль) з широким екологічним потенціалом, які часто трапляються як ендодіти рослин [10]. Серед ідентифікованих видів родів *Alternaria* Nees, *Aureobasidium* Viala&Boyer, *Botryosphaeria* Ces. & De Not., *Colletotrichum* Corda, *Cylindrodendrum* Bonord., *Leptosphaeria* Ces. & De Not. та *Nectria* (Fr.) Fr. вважаються потенційними патогенами рослин.

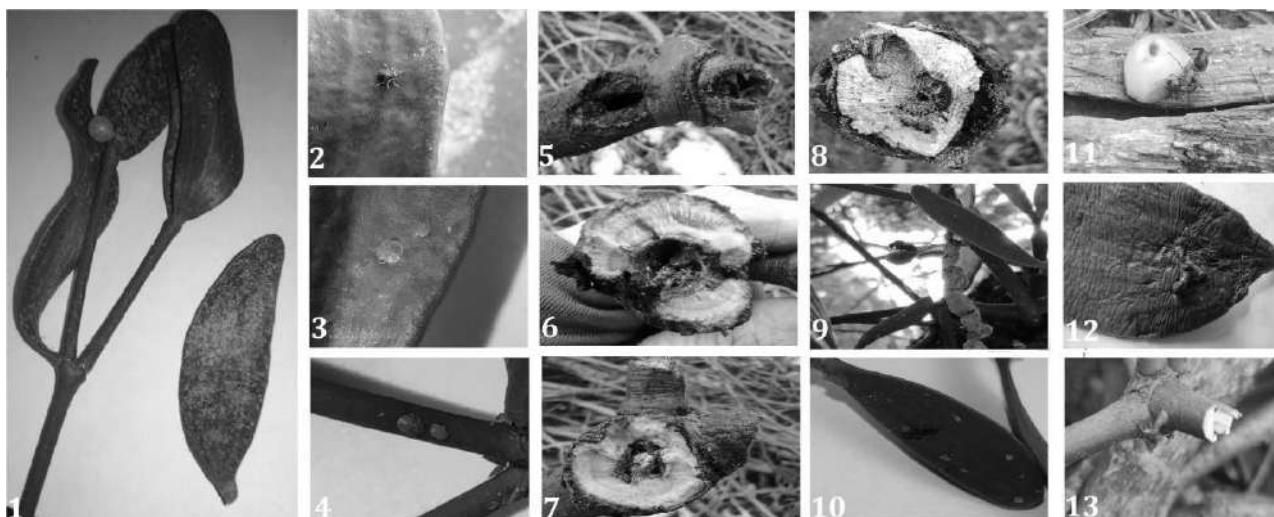


Рис. 1. Пошкодження омели білої різними живими організмами: 1 – частина пагона, вражена попелиця-ми; 2–4 представники ряду Напівтвердокрилих; 5–8 ушкоджені ділянки омели личинками Твердокрилих та/або Лускокрилих; 9–10 – комахи, які живляться омелою або живуть на ній; 11 – збір опалих плодів мурахами, 12–13 – гіперпаразитизм омели білої на особинах свого виду.

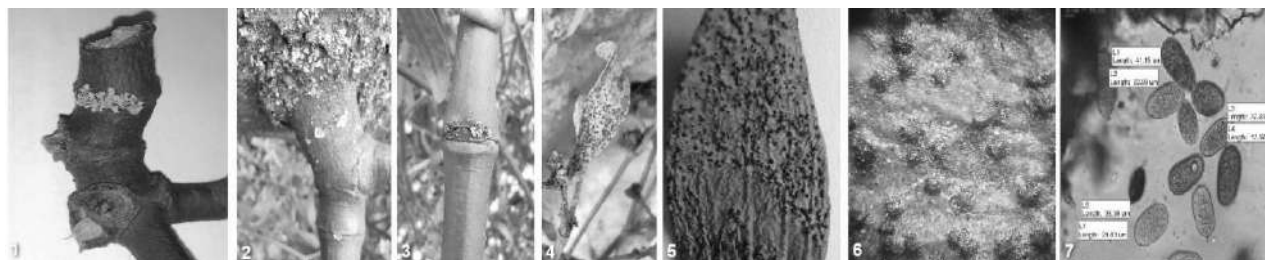


Рис. 2. Лишайники та гриби на різних частинах *V. album*: 1–3 – *Physcia* subsp. *tenella* ; 4–7 – *Botryosphaeria visci*; 4–5 – зовнішній вигляд ураженої рослини; 6 – конідіями (пикніди); 7 – конідії *B. visci* (збільшення 40x).

Декілька видів грибів можуть паразитувати саме на *V. album*, проявляючи при цьому досить високий рівень спеціалізації. Наприклад, *Botryosphaerostroma visci* (Alb. & Schwein.) Petr. (Current Name: *Botryosphaeria visci* (Kalchbr.) Arx & E. Müll.), *Colletotrichum gloeosporides* (Penz.) Penz. & Sacc., *Plectophomella visci* Moesz (Current Name: *Plenodomus visci* (Moesz) Gruyter, Aveskamp & Verkley), *Septoria visci* Bres. Current Name: *Rhabdospora visci* (Bres.) Died. і *Sphaeropsis visci* (Alb. & Schwein.) Sacc. (Current Name: *Botryosphaeria visci* (Kalchbr.) Arx & E. Müll.) здатні вбивати саме омелу, не наносячи при цьому шкоди іншим рослинам [4].

Нами було помічено загиблі рослини та зібрано листки *V. album*, уражені сумчастим грибом *Botryosphaeria visci* (Kalchbr.) Arx & E. Müll. (Previously: *Phaeobotryosphaeria visci* (Kalchbr.) A.J.L. Phillips & Crous) (рис. 2; 4–7). На отриманому рослинному матеріалі грибок виявлено тільки на стадії анаморфи (тобто конідиального спороношення).

За науковими літературними даними, цей грибок може вражати весь організм напівпаразитичної рослини, включаючи ягоди, листя і гілки. Після інфікування він викликає повний некроз чагарника та гаусторіїв, при цьому не шкодячи тканинам рослини-хазяїна [12].

Видовий склад бактеріальних угруповань, пов'язаних з *V. album*, налічував 30 родів, що належать до 7 класів грампозитивних (Actinobacteria (Current Name: Actinomycetes) і Firmicutes) і грамнегативних (Bacteroidetes та Proteobacteria) бактерій [11].

Під час обстеження рослинного матеріалу нами помічено проростання насіння омели білої на листі та гілках материнської рослини. Гаусторії успішно розвиваються і занурюються в поверхневі шари тканин, однак подальший розвиток не відбувається (рис. 1; 12–13). Феномен паразитування одного виду паразитичної рослини на іншому («паразит на паразиті») спостерігається для значної кількості видів, серед них і омели, однак така подія не має масового харак-

теру. Для *Viscum album* subsp. *album* було виявлено випадки паразитування на дубовій омелі (*Loranthus europaeus* Jacq.). Цю взаємодію розглядали як можливий засіб біоконтролю чисельності паразитичного виду, однак у такому випадку рослина-хазяїн зазнає ще більшого навантаження [13].

Явище проростання на своєму ж виді – внутрішньовидовий авто паразитизм – є більш рідким явищем. Хоча дозріле насіння часто потрапляє на гілки та листя материнської рослини, досягання зрілості такою омелою є рідкістю. Отже, імовірно, в момент проростання гаусторіїв спрацьовують сильні системи розпізнавання самоінфікуючих клітин та механізми несумісності [14].

## Висновки

У результаті проведеного аналізу наукових літературних джерел та власного фактичного матеріалу було визначено список видів, які пошкоджують омелу білу, та оцінено можливість їх використання в розробці біологічних методів контролю напівпаразита. Для успішного використання такого способу боротьби з омелою перш за все, необхідно вивчити та зрозуміти біологію взаємозв'язків між ключовими ланками у ланцюгу живитель–гемі паразит–гіперпаразит (або фітофаг).

Робота виконана в рамках бюджетної тематики НАН України «Популяційна біологія і генетика *Viscum album* L. в Україні» (2018–2022 рр.), номер держреєстрації 0118U004067.

## References

1. Sanguesa-Barreda G., Linares J.C., Camarero J.J. Drought and mistletoe reduce growth and water-use efficiency of Scots pine. *Forest Ecology and Management*. 2013. Vol. 296. P. 64–73. doi: 10.1016/j.foreco.2013.01.028.
2. Baltazár T., Pejchal M., Varga I. Evaluation of European mistletoe (*Viscum album* L.) infection in the castle park in Lednice. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2013b. Vol. 61 (6). P. 1565–1574. doi: 10.11118/actaun201361061565.
3. Zubrik M. Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe. 2013. P. 535.
4. Kahle-Zuber D. Biology and evolution of the European mistletoe (*Viscum album*). *Doct. Thesis. Diss.* 2008. No. 18080. doi: 10.3929/ethz-a-005728816.
5. Krasylenko Y., Sosnovsky Y., Atamas N., Popov G., Leonenko V., Janosikova K., Sytschak N., Rydlo K., Sytnyk D. The European mistletoe (*Viscum album* L.): distribution, host range, biotic interactions, and management worldwide with special emphasis on Ukraine. *Botany*. 2020. Vol. 98 (9). P. 499–516. doi: 10.1139/cjb-2020-0037.
6. García Morales M., Denno B.D., Miller D.R., Miller G.L., Ben-Dov Y., Hardy N.B. 2016. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. *Database*. doi: 10.1093/database/bav118.
7. Jendek E. Genus *Agrilus* Curtis, 1825. In *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, (Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea)*. Revised and updated edition. Edited by I. Löbl and D. Löbl. D. Brill, Leiden, Boston, 2016. P. 524–549.
8. Varga I., Tallér J., Baltazár T., Hyvönen J., Poczai P. Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control. *Biotechnol Lett*. 2012. Vol. 34. P. 1059–1065. doi: 10.1007/s10529-012-0867-x.
9. Peršoh D. Factors shaping community structure of endophytic fungi – evidence from the Pinus-Viscum-system. *Fungal Divers*. 2013. Vol. 60. P. 55–69. doi: 10.1007/s13225-013-0225-x.
10. Karadžić D., Lazarov V. The most significant parasite and saprophyte fungi on mistletoe (*Viscum album* L.) and possibilities of their usage in bio-control. *Bulletin of the Faculty of Forestry (University of Banja Luka)*. 2005. Vol. 3. P. 35–46. [in Serbian]
11. Kotan R., Okutucu A., Görmez A.A., Karagoz K., Dadasoglu F., Karaman İ., Hasanekoglu İ., Kordali Ş. Parasitic bacteria and fungi on common mistletoe (*Viscum album* L.) and their potential application in biocontrol. *J. Phytopathol*. 2013. Vol. 161. P. 165–171.
12. Varga I., Baltazár T., Apró M., Poczai P., Hyvönen J. Optimizing conditions for sporulation of European mistletoe hyperparasitic fungus (*Phaeobotryosphaeria visci*): effect of light and different media. *J. Agricult. Sci. (Debrecen)*. 2012a. Vol. 50. P. 60–66.
13. Krasylenko Y., Těšitel J., Ceccantini G., Oliveira-da-Silva M., Dvořák V., Steele D., Teixeira-Costa L. Parasites on parasites: hyper-, epi-, and autoparasitism among flowering plants. *American Journal of Botany*. 2021. Vol. 108 (1). P. 8–21. doi: 10.1002/ajb2.1590.
14. Watson D.M. *Mistletoes of southern Australia*, 2nd ed. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia. 2019.

**BILONOZHKO YU.O., KRUPODOROVA T.A., TOPCHII T.V., RABOKON A.M., POSTOVOITOVA A.S., KALAFAT L.O., PRYVALIKHIN S.M., PIRKO YA.V.**

*Institute of Food Biotechnology and Genomics, Nat. Acad. of Sci. of Ukraine, Ukraine, 04123, Kyiv, Osypovskoho str., 2A*

#### **PHYTOPHAGES AND MYCOBIOTS OF WHITE MISTLETOE**

**Aim.** The aim of the study was to investigate the natural antagonists of white mistletoe (*Viscum album* L.), which may affect the number and speed of spread of this species. **Methods.** The plant material of *V. album*, collected in urban plantations of Kyiv, was used in the study. The research was conducted mainly in park zones and urban plantations of Podilskyi district. Samples of affected white mistletoe were collected by the route method during 2019-2021. Plant material was also inspected during the sanitary cutting of utilities. **Results.** Different species of vertebrates and invertebrates, fungi, lichens and bacteria that form close ecological links with *V. album* were analyzed. It has been established that several species of fungi can parasitize on *V. album*, showing a fairly high level of specialization. Hyperparasitic disease has also been reported. **Conclusions.** A list of species associated with white mistletoe was identified and the possibility of their use in the development of biological methods to control the semi-parasite was assessed.

**Keywords:** *Viscum album*, phytophagous, hyperparasitism.