



## ФІЛОГЕНІЯ І ТАКСОНОМІЯ РОДИНИ TELOSCHISTACEAE (ASCOMYCOTA): ВАЖЛИВІСТЬ МОНОФІЛЕТИЧНИХ ГРУП

С.Я. Кондратюк<sup>1</sup>, М.-Х. Джеонг<sup>2</sup>, І. Чарнефельт<sup>3</sup>, Дж.А. Іліх<sup>4</sup>, Д.-С. Хо<sup>2</sup>, А. Тель<sup>3</sup>

**Анотація.** Результати філогенетичного аналізу всіх представників родини телосхістових за ITS1/ITS2 ділянкою ядерної ДНК, за власними результатами та наявними в Генобанку даними, підтверджують існування всіх родових груп описаних в «домолекулярний» період, а також необхідність ревізії додатково цілої низки таксонів, що утворюють монофілетичні гілки у даному філогенетичному дереві.

**Ключові слова:** Teloschistaceae, Letrouitiaceae, молекулярна філогенія, лишайники, ITS1/ITS2, ДНК

<sup>1</sup> Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного, Терещенківська 2, Київ-МСП-1, 01601, Україна; ksya\_net@ukr.net

<sup>2</sup> Корейський інститут вивчення лишайників, Сунчонський національний університет, Сунчон, Корея

<sup>3</sup> Біологічні Музеї, університет м. Лунд, Лунд, Швеція

<sup>4</sup> Науково-дослідна школа з хімії, Австралійський національний університет, Канберра, Австралія

### Вступ

Молекулярна філогенія найкраще вивчених родин лишайників Parmeliaceae, Physciaceae і Caliciaceae базується на поліфазному принципі, тобто використанні шести-семи генів ядерної та мітохондріальної ДНК. Як наслідок, таксономія родини пармелієвих та інших родин може базуватись на виділенні монофілетичних груп видів, що мають високі рівні підтримки. Філогенетичний аналіз представників родини Teloschistaceae проводився лише для невеликих груп видів, і більшість з них (особливо щодо роду *Caloplaca*) базується лише на результатах секвенування ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК. Поліфазні молекулярні дані були використані лише в працях декількох шкіл (GAYA *et al.* 2003, 2008; FEDORENKO 2009, 2012). В результаті даних досліджень було показано, що прийняті сьогодні роди *Caloplaca*, *Fulgensia*, *Xanthoria* та *Teloschistes* є поліфілетичними, а розмежування родів *Caloplaca* і *Xanthoria*, а також родів *Caloplaca* та *Fulgensia* є досить проблематичним.

### Результати та їх обговорення

Філогенетичне дерево всіх представників родини Teloschistaceae, побудоване за власними результатами секвенування ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК та наявними в Генобанку даними, включає три основні філогенетичні гілки (або філи). Умовно їх можна назвати як *Seiophora* – *Caloplaca* s.str. – *Fulgensia* s.str. (перша), *Josefpoeltia*

– *Teloschistes* – *Letrouitia* (друга) та *Honeggeria* – *Xanthoria* s.str. – *Xanthomendoza* (третя) (Рис. 1).

**Перша філа *Seiophora* – *Caloplaca* s.str. – *Fulgensia* s.str.** охоплює декілька монофілетичних груп, серед яких лише три мають відповідні назви як окремі родові групи: *Seiophora*, *Caloplaca* s.str. та *Fulgensia* s.str. Кожна з вказаних монофілетичних гілок представлена декількома видами, включаючи також типові види вказаних родів (*Seiophora villosa*, *Caloplaca cerina*, *Fulgensia fulgens*). У першій філі можна умовно виділити дві субфіли: перша *Seiophora* – *Caloplaca* s.str. та друга *Fulgensia* s.str.

**В першій субфілі (*Seiophora* – *Caloplaca* s.str.)** є також декілька питань, що потребують спеціальної ревізії, що стосуються власне родів *Caloplaca* s.str. та *Seiophora*. За результатами секвенування ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК положення в складі даного роду підтвержене лише для таких видів як *Caloplaca cerina*, *C. stillicidiorum*, *C. hanneshertelii*, *C. chlorina* та *C. 'areolata'*. Питання про положення видів *C. cirrohroa*-групи (зокрема видів *C. cirrohroa* та *C. proteus*), а також положення видів *Caloplaca xantholyta*-групи (або власне роду *Leproplaca* s.str.) залишається відкритим, оскільки для вказаних видів отримані лише одиничні результати. Ця субфіла включає також дві групи видів, зокрема: *Caloplaca aurantia*- та *C. variabilis*-групи.

*Caloplaca aurantia*-група за молекулярними даними включає такі види, як *C. aurantia*, *C. thallincola*, *C. flavescens* та *C. aegaea*. За даними

ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК положення таких видів як *C. alpigena*, *C. paulii* та *C. australis* в складі *Caloplaca aurantia*-групи потребує подальшого вивчення.

*C. variabilis*-група (або рід *Pyrenodesmia* s.str.) за даними ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК включає такі види як *C. variabilis*, *C. transcaspica*, *C. chalybaea*, *C. badiorufa* та *C. concreticola*. Статус таких видів, як *C. albopustulata*, *C. bicolor*, *C. aractina*, *C. aetnensis*, *C. teicholyta*, *C. pelioscypha*, *C. cretensis*, які виявляють найбільшу близькість до *C. variabilis*-групи за даними ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК, повинна бути звірена як за даними філогенетичного аналізу за іншими генами, так і за морфолого-анатомічними даними.

**Друга субфіла (*Fulgensia* s.str.)** включає власне монофілетичну гілку роду *Fulgensia* s.str. та декілька груп видів, які сьогодні включаються до складу роду *Caloplaca* s.lat. Серед останніх *Caloplaca ferruginea*-група (що власне є родом *Blastenia* s.str.), яка включає такі види як *Caloplaca ferruginea*, *C. furfuracea*, *C. ammioslipea*, *C. crenularia* та *C. herbidella*. Крім гілки *Blastenia* s.str. друга субфіла включає такі групи видів як *Caloplaca demissa*-, *C. flavorubescens*-, *C. gloriae*- та *C. haematommona*-групи.

**Друга філа *Josefpoeltia* – *Teloschistes* – *Letrouitia*** включає такі описані на сьогодні роди як *Josefpoeltia*, *Teloschistes* та *Letrouitia*. Включення представників роду *Letrouitia* до даної гілки ставить під сумнів виділення родини Letrouitiaceae. Наші дані свідчать про недоцільність виділення останньої родини (Letrouitiaceae), а також про необхідність перегляду об'єму родини Teloschistaceae. Об'єм Teloschistaceae s.str. emend. cum loco слід суттєво звзити до об'єму другої філи. Вона включає лише вказані вище три роди, а також один новий рід (чи навіть декілька ще не описаних родів), що включає накипних представників даної філи.

**Третя філа *Honeggeria* – *Xanthoria* s. str.** – *Xanthomendoza* є найчисленнішою з точки зору кількості груп видів, що утворюють монофілетичні гілки. Для зручності їх аналіз наведений за такими субфілами: 3а субфіла *Xanthoria* – *Xanthodactylon* – *Rusavskia*; 3б субфіла

*Massjukiella* s.lat.; 3с субфіла *Xanthomendoza* s.lat.; 3д субфіла *Polycauliona* – *Xanthocarpia*.

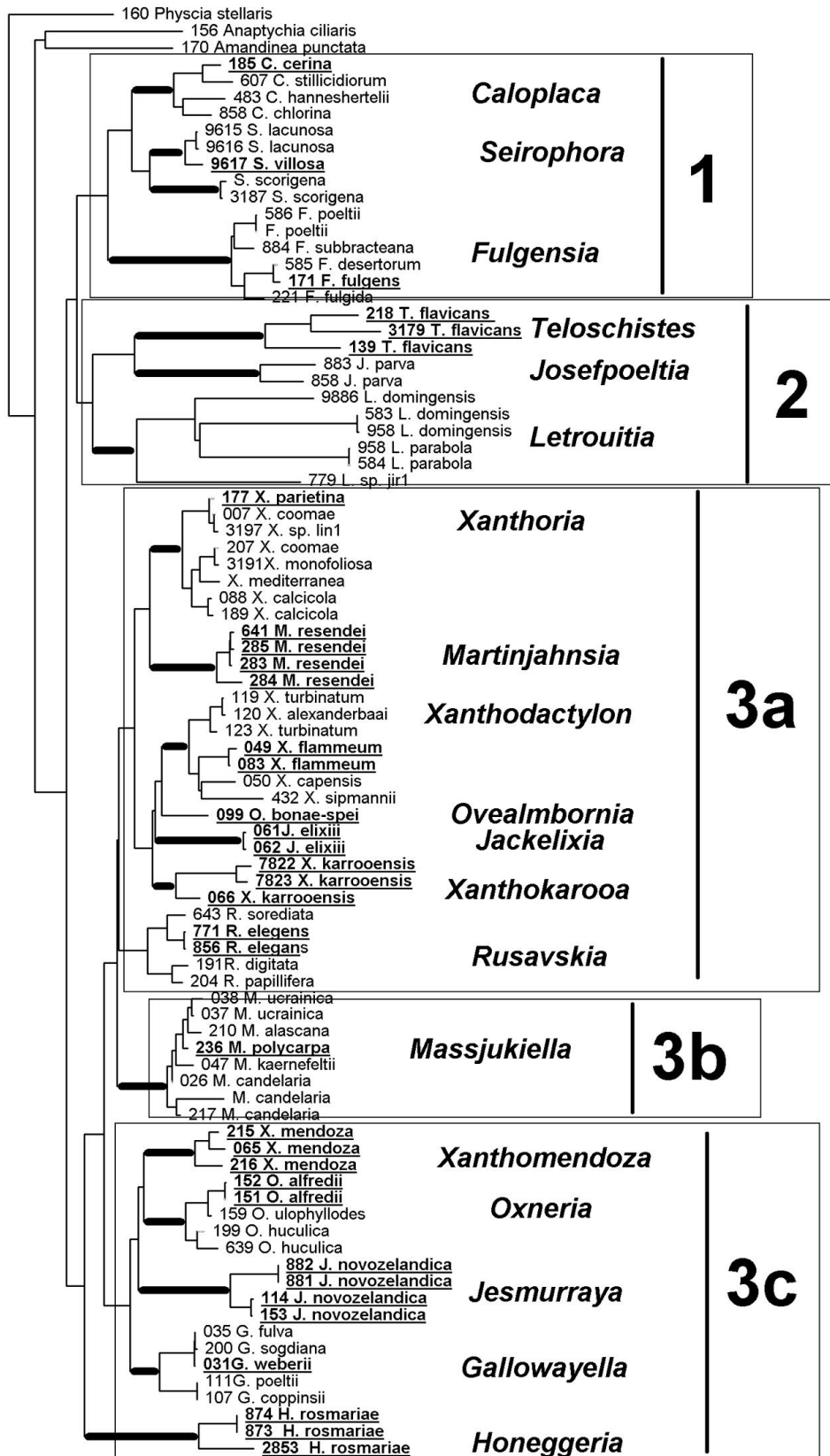
**Перша 3а субфіла *Xanthoria* – *Xanthodactylon* – *Rusavskia*** включає в основному представників листуватих лишайників, зокрема представників таких родів: *Jackelixia*, *Martinjahnsia*, *Ovealbornia*, *Rusavskia*, *Xanthodactylon*, *Xanthokarrooa*, *Xanthoria* (FEDORENKO et al. 2009, 2012), а також представників двох груп диморфних накипних лишайників, зокрема груп *Caloplaca saxicola*- та *C. lucens*-. На жаль, запропоновані нами нові роди *Jackelixia*, *Ovealbornia*, *Xanthokarrooa* (FEDORENKO et al. 2009, 2012; WIRTH & KONDRATYUK 2010) до сьогодні включають до роду *Xanthoria* s.lat. Однак слід зазначити, що останнє повністю протирічить даним філогенетичного аналізу. За молекулярними даними роди *Jackelixia*, *Ovealbornia* та *Xanthokarrooa* можуть бути віднесені до *Xanthodactylon* s.l., але ні в якому разі не до роду *Xanthoria* s.l. Група *Caloplaca saxicola*-, за молекулярними даними, включає види, які традиційно розглядались членами роду *Gasparrinia* (*C. arnoldii*, *C. biatorina*, *C. decipiens*, *C. rouxii*, *C. saxicola*, *C. schistidii*, *C. subbracteata*). До даної субфіли входить одна гілка, яка включає також представника роду *Huea*. Подальша ревізія представників даної гілки повинна бути спрямована на уточнення об'єму роду *Huea* та статусу видів, що виявляють близькість до представників цього роду.

**Друга 3б субфіла *Massjukiella* s.l.** включає лише один рід *Massjukiella* листуватих лишайників, а також декілька груп накипних представників родини, зокрема: *Caloplaca marina*-, *C. holocarpa*-, *C. verruculifera*-, *C. scrobiculata*- та *C. ulcerosa*-групи.

**Третя 3с субфіла *Xanthomendoza* s.l.** включає власне рід *Xanthomendoza* s.str. і роди *Gallowayella*, *Jesmurraya* та *Oxneria* (FEDORENKO et al. 2009, 2012). Однак крім вказаних родів листуватих лишайників ця субфіла включає також накипних представників, які до останнього часу включались до складу роду *Caloplaca* s.lat., зокрема: *Caloplaca trachyphylla*-група та *C. intrudens*. Рід *Honeggeria*, який у всіх аналізах утворює зовнішню групу до вказаної третьої філи (*Honeggeria* – *Xanthoria* s.str. –

**Рис. 1** Філогенетичне дерево представників родини Teloschistaceae, основане на даних щодо ITS1/ITS2 ділянки ядерної ДНК. ▶ Товстішою лінією показані зв'язки, які були підтверджені декількома аналізами. Групи 1, 2, 3а, 3б, та 3с обговорюються в тексті.

**Fig. 1.** Phylogenetic tree of the Teloschistaceae based on the ITS data set. Thicker lines show branches supported in several analyses. ▶ Groups 1, 2, 3a, 3b and 3c are discussed in the text part.



*Xanthomendoza*) в цілому, логічно розглядати, як дуже близький саме до цієї субфіли. Види даного роду спочатку відносили до роду *Xanthomendoza*, і зокрема до виду *Xanthomendoza weberii* (сучасна назва *Gallowayella weberii*). Однак як показали наші дослідження (LUMBSCH *et al.* 2011) даний матеріал належить до іншого виду, зокрема: *Honeggeria rosmariae*, який і є типовим видом даного роду.

**Четверта 3d субфіла *Polyscauliona* – *Xanthocarpia*** (не наведена на Рис. 1) включає досить численну групу накипних представників, які до цього часу включались до роду *Caloplaca* s.l. Серед них велика гілка включає як *C. ochracea*, так і групу видів, яку досить часто називають групою *C. crenulatella*. Однак, у зв'язку з тим, що типовий вид роду *Xanthocarpia ochracea* входить до складу даної гілки, для всіх видів (від *C. borysthonica* до *C. erichanseni*, *C. marmorata* та *C. aquensis*) слід прийняти назву *Xanthocarpia*. Окрему гілку даної субфіли складають накипні лишайники, які також відносили до роду *Caloplaca* s.lat., однак фактично вони є представниками роду *Polyscauliona*, оскільки типовий вид даного роду *Polyscauliona regalis* входить до складу даної гілки разом з такими видами як *Caloplaca subglobulata* та *C. johnstonii*. Ще одну гілку субфіли складають накипні лишайники *Caloplaca subsoluta*-групи, до складу якої входить також *C. irrubescens*.

### Висновки

Отже, молекулярна філогенія підтвердила існування набагато більшої кількості монофілетичних груп видів в складі родини телосхістових, у порівнянні з тим, які групи виділялися за морфолого-анатомічними та біохімічними даними у «домолекулярний» період. Серед ксанторіодних (листуватих) представників родини за даними ядерної та мітохондріальної ДНК підтверджено існування таких 13-ти родових груп як: *Gallowayella*, *Jackelixia*, *Jesmuraaya*, *Josefpoeltia*, *Martinjahnsia*, *Massjukiella*, *Oxneria*, *Ovealmbornia*, *Rusavskia*, *Seiophora*, *Xanthodactylon*, *Xanthokarroa* та *Xanthoria* s.str. Слід, однак, наголосити, що результати філогенетичного аналізу представників родини телосхістових як за ядерною, так і за мітохондріальною ДНК свідчать про те, що такі роди як *Seiophora*, *Xanthoria* s.str. та *Xanthodactylon* s.str. є також поліфілетичними. Кушцісті лишайники родини

телосхістових на сьогодні відносяться до одного роду *Teloschistes*, який за нашими даними також не є монофілетичним.

*С. Кондратюк висловлює глибоку вдячність всім співавторам за співпрацю, професору Д.-С. Хо за теплу гостинність і всіляку допомогу під час перебування в Корейському інституті вивчення лишайників, та Державному Агентству з науки, інновацій та інформатизації України за фінансову підтримку деяких етапів досліджень (317-2011-409).*

### Використані джерела

- FEDORENKO N.M., STENROOS, S., THELL A., KÄRNEFELT I., KONDRATYUK S.Y. 2009. A phylogenetic analysis of xanthorioid lichens (Teloschistaceae, Ascomycota) based on ITS and mtSSU sequences. In: THELL A., SEAWARD M.R.D., FEURER T. (eds). Diversity of Lichenology – Anniversary Volume. *Bibliotheca Lichenologica* 100: 49–84.
- FEDORENKO N.M., STENROOS S., THELL A., KÄRNEFELT I., ELIX J.A., HUR J.-S., KONDRATYUK S.Y. 2012. Molecular phylogeny of xanthorioid lichens (Teloschistaceae, Ascomycota), with notes on their morphology. In: KÄRNEFELT I., SEAWARD M.R.D., THELL A. (eds). Systematics, biodiversity and ecology of lichens. *Bibliotheca Lichenologica* 108: 58–76. J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- GAYA E., LUTZONI F., ZOLLER S., NAVARRO-ROSINÉS P. 2003. Phylogenetic study of *Fulgensia* and allied *Caloplaca* and *Xanthoria* species (Teloschistaceae, lichen-forming Ascomycota). *American Journal of Botany* 90: 1095–1103.
- GAYA E., LUTZONI F., LLIMONA X., NAVARRO-ROSINÉS P. 2008. Phylogenetic reassessment of the Teloschistaceae (lichen-forming Ascomycota, Lecanoromycetes). *Mycological Research* 112: 528–546.
- LUMBSCH H.T., ANTI T., KONDRATYUK S. *et al.* 2011. One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. *Phytotaxa* 18: 1–127.
- WIRTH V. & KONDRATYUK S.Y. 2010. Neue Arten der Flechtenfamilie Teloschistaceae aus der Manibwüste und der Sukkulanten-Karoo (SW Afrika). *Herzogia* 23 (2): 1–16

PHYLOGENY AND TAXONOMY OF THE TELOSCHISTACEAE (ASCOMYCOTA):  
IMPORTANCE OF MONOPHYLETIC GROUPSS.Y. KONDRATYUK <sup>1</sup>, M.-H. JEONG <sup>2</sup>, I. KÄRNEFELT <sup>3</sup>, J.A. ELIX <sup>4</sup>, J.-S. HUR <sup>2</sup>, A. THELL <sup>3</sup>

**Abstract.** The molecular phylogeny of the Parmeliaceae, Physciaceae, Caliciaceae and many other families of lichen-forming fungi is now based on polyphasic approach using up to six or seven different genes of nuclear and mitochondrial DNA. As a consequence the taxonomy of the Parmeliaceae and other families can now be based on segregation of robust monophyletic groups of species. The majority of phylogenetic analyses of small species groups of the Teloschistaceae (especially of *Caloplaca*) are based on ITS1/ITS2 sequences of nuclear DNA as the main molecular tool. There are fewer reports of polyphasic molecular data having been used in such phylogenetic analyses (GAYA 2003, 2008; FEDORENKO 2009, 2012). Such investigations have indicated that the currently accepted genera *Caloplaca*, *Fulgensia*, *Xanthoria* and *Teloschistes* are polyphyletic and the delineation of *Caloplaca* and *Xanthoria* and of *Caloplaca* and *Fulgensia* is problematic. The existence of well defined monophyletic groups within species groups like those of *Caloplaca cerina*, *C. saxicola*, *C. regalis*, *C. ferruginea*, *C. variabilis* and *Fulgensia fulgens* (some of which are type species of different genera proposed in 'pre-molecular time') are found to be distributed among other monophyletic branches of the xanthorioid lichens following analysis of nuclear molecular data. As a consequence generic names proposed for the above species groups (i.e. *Blastenia*, *Pyrenodesmia*, *Polycauliona* etc.) can be used together with *Caloplaca* s.str., *Teloschistes*, *Seiophora* and *Fulgensia*. However, it should be emphasized that following molecular analysis such groups/genera as *Blastenia*, *Pyrenodesmia* and the *Caloplaca saxicola*-group include far fewer species than was proposed from morphological segregation in the 'pre-molecular' period. Alternatively, molecular data confirms that the morphologically defined groups (i.e. *Blastenia*, *Pyrenodesmia*, *Polycauliona* etc.) are just as polyphyletic as the genera *Teloschistes*, *Seiophora* and *Fulgensia*. *Caloplaca* subgenus *Gasparrinia* is similarly polyphyletic. Furthermore, there have been recent proposals to retain the xanthorioid genera *Jackelixia*, *Ovealmbornia*, *Xanthokarooa* within *Xanthoria*. However, this is in complete disagreement with the presently accepted molecular phylogenetic tree of the Teloschistaceae. Molecular data indicates that *Jackelixia*, *Ovealmbornia* and *Xanthokarooa* could be considered to belong to *Xanthodactylon* s.l., but certainly not *Xanthoria* s.l. Further, present molecular data does not support the families Letrouitiaceae and Teloschistaceae. In future we will probably have three families, i.e. Teloschistaceae s. emend., Caloplacaceae s. emend. and Xanthoriaceae s. emend., instead of the two mentioned above. Special attention to monophyletic groups in the current Teloschistaceae as well as wider usage of a polyphasic molecular approach will also help to clarify the position and circumscription of generic groups within these families.

**Key words:** Teloschistaceae, Letrouitiaceae, molecular phylogeny, lichen-forming fungi, ITS1/ITS2, DNA

<sup>1</sup> M.H. Kholodny Institute of Botany, Tereshchenkivska Str., 2, Kyiv, 01601, Ukraine; ksya\_net@ukr.net

<sup>2</sup> Korean Lichen Research Institute, Suncheon National University, Suncheon, Korea

<sup>3</sup> The Biological Museums, Lund University, Lund, Sweden

<sup>4</sup> Research School of Chemistry, Australian National University, Canberra, Australia