

SALVATORE LA ROCCA, GIOVANNI CONSIGLIO

PRIMA SEGNALAZIONE IN ITALIA DI
PHOLIOTINA MEDITERRANEA SQUIER & SALOM**Riassunto**

Viene segnalata la presenza in Italia di *Pholiotina mediterranea* sulla base di quattro raccolte effettuate in Sicilia su tappeti muscinali in ambiente costiero retrodunale caratterizzato dalla presenza di *Acacia saligna*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus halepensis* e *Pinus pinea*. La descrizione morfologica delle raccolte studiate è corredata da foto a colori raffiguranti l'habitat, gli esemplari rinvenuti e le caratteristiche microscopiche. Vengono altresì forniti i risultati delle analisi molecolari (regione ITS del rDNA) delle raccolte studiate, nonché un filogramma comprendente numerose sequenze oggi disponibili di varie specie del genere *Pholiotina*.

Abstract

The presence in Italy of *Pholiotina mediterranea* is reported based on four collections made in Sicily on moss in the coastal environment behind the dunes characterized by the presence of *Acacia saligna*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus halepensis* and *Pinus pinea*. The morphological description of the collections studied is accompanied by color photos depicting the habitat, the specimens found and the microscopic features. The results of the molecular analysis (ITS region of the rDNA) of the collections studied are also provided, as well as a phylogram including several sequences currently available of the various species of the genus *Pholiotina*.

Key words *Pholiotina mediterranea*, taxonomy, Sicily, Italy.

Introduzione

Il genere *Pholiotina* Fayod 1889 è un membro della famiglia Bolbitiaceae Singer 1948 dell'ordine Agaricales Underw. 1899 (HE *et al.* 2019; HIBBETT *et al.* 2014), ordine rappresentato da un complesso di funghi appartenenti alla classe Agaricomycetes Dowell (HIBBETT *et al.* 2007), già riconosciuto all'inizio dei primi studi molecolari (BRUNS *et al.* 1998; PINE *et al.* 1999; HIBBETT & THORN 2001; HIBBETT & BINDER 2002; HIBBETT 2004; LARSSON *et al.* 2004) come clado distinto, monofiletico, da identificare come "*Agaricoid clade*", raggruppamento appartenente alla sottoclasse Agaricomycetidae Parmasto 1986.

Questo genere, che ha una diffusione mondiale (<https://www.gbif.org>), è stato particolarmente studiato in Europa (BON 1992; CONSIGLIO 1999; HAUSKNECHT 2009, 2011; HAUSKNECHT & KRISAI-GREILHUBER 2007, 2010; HAUSKNECHT & VESTERHOLT 2008; KALAMEES *et al.* 2013; LÆSSØE & PETERSEN 2019; LANZONI 1987; LONATI 1991, 1993, 1994, 1995; MALYSHEVA 2011; MIGLIOZZI 2010; PÉREZ-DE-GREGORIO 2018; ROUX 2006; SQUIER & SALOM 2017, 2020, 2021; TOH *et al.* 2013; VIZZINI *et al.* 2013; WATLING 1988).

Il genere *Pholiotina* fu istituito originariamente per accogliere funghi così descritti: "*Velo generale fibroso, che forma l'epicutis; doppio e annuliforme sul gambo. Cuticola pileica propriamente detta imeniforme tipica, mucosa, subimenio e imenopodio densi e con elementi filiformi fini, poco distinti. Cellule imeniali allungate, claviformi. Basidi 4-, spesso 2-bisporici. Spore bruno ruggine, ovoidali, ellittiche, con depressione ilare ordinariamente sviluppata, appuntite all'apice e qualche volta munite di un poro apicale. Cistidi allungati, cilindracei, a parete sottile*". Specie terricole, i taxa conosciuti a livello mondiale sono 125 (Index Fungorum, ultimo accesso il 19.05.2022).

Da diversi anni uno degli autori (SL) è impegnato nello studio dei macromiceti delle aree costiere dunali della Sicilia (CONTU & LA ROCCA 1999; LA ROCCA & VENTURELLA 2000; LA ROCCA 2005), con particolare attenzione a quelle della provincia di Palermo (LA ROCCA 2002; LA ROCCA & BAZAN 2002). Durante le ricerche sono state effettuate quattro raccolte che dall'esame dei caratteri macro- e microscopici sono risultate riconducibili a *Pholiotina mediterranea* Siquier & Salom, entità di recente istituzione (SIQUIER & SALOM, 2017), la cui presenza non era ancora nota in Italia. La determinazione delle raccolte è stata gentilmente confermata dagli stessi autori della specie José Leonardo Siquier e Joan Carles Salom, che qui ringraziamo calorosamente. Essa è stata, inoltre, avvalorata dal sequenziamento delle raccolte siciliane che sono risultate geneticamente identiche a quelle spagnole.

Materiali e metodi

Collezioni studiate

I campioni d'erbario sono depositati presso l'erbario dell'Associazione Micologica Bresadola (AMB) di Trento e in quello personale dell'autore (LRS). La numerazione delle raccolte del materiale studiato fa riferimento all'archivio personale dell'autore. Le abbreviazioni dei nomi degli autori sono riferite a KIRK & ANSELL (2003).

Studi morfologici

La descrizione dei caratteri macroscopici è stata stilata sulla base dell'osservazione dei basidiomi freschi e delle immagini realizzate in habitat (**Figg. 2-3**), in luce naturale, mediante fotocamera digitale Olympus OM-D E-M10 Mark II equipaggiata con obiettivo Canon EF-S 60mm f/2.8 USM Macro e fissata su treppiedi. I caratteri micromorfologici sono stati osservati, sia su materiale fresco che essiccato, usando differenti mezzi di montaggio: acqua, KOH al 5%, L4 (CLÉMENÇON 1972), reagente di Melzer, rosso Congo ammoniacale, floxina, blu di cresile e blu cotone, con l'ausilio di un microscopio ottico in campo chiaro Leica DMLS dotato di obiettivi C Plan da 4×, 10×, 40× e 100× usando l'immersione in olio a 1000 ingrandimenti. L'osservazione microscopica è stata integrata (supportata?) da una fotocamera per microscopio Bresser MikroCam SP 5.0 montata su oculare e collegata a un personal computer e le fotografie e le misurazioni sono state realizzate con il software MicroCam Lab II in dotazione. Le misurazioni delle basidiospore sono state fatte catturando immagini di un singolo campo visivo. Il numero delle spore misurate è stato ricavato da 18 esemplari per delineare un intervallo di confidenza sporale sufficientemente attendibile. Le dimensioni sono state rilevate escludendo l'apicolo delle spore. I relativi valori biometrici sono stati indicati secondo la metodologia di CONSIGLIO & SETTI (2018). Le dimensioni delle basidiospore non includono l'appendice ilare e sono state riportate come segue: media ± deviazione standard della lunghezza × media ± deviazione standard della larghezza; Q = media ± deviazione standard del rapporto lunghezza/larghezza; V = media ± deviazione standard del volume. Il volume sporale approssimato è stato calcolato come quello di un ellissoide (GROSS 1972; MEERTS 1999). La larghezza dei basidi è stata misurata nella parte più larga e la lunghezza è stata misurata dall'apice (sterigmi esclusi) al setto basale.

Estrazione, amplificazione e sequenziamento del DNA

Il DNA totale è stato estratto da campioni secchi usando un protocollo modificato basato su MURRAY & THOMPSON (1980). L'amplificazione PCR ha comportato 35 cicli con una temperatura di annealing di 54 °C. Per amplificare la regione ITS del nrDNA sono stati usati i primer ITS1F e ITS4 (WHITE *et al.* 1990; GARDES & BRUNS 1993). I prodotti della PCR sono stati controllati in gel di agarosio all'1% e le reazioni positive sono state sequenziate con uno o con entrambi i primer PCR. I cromatogrammi sono stati controllati alla ricerca di errori putativi e questi sono stati

corretti. Le sequenze ottenute sono state assemblate e controllate a vista con MEGA 6.0 (TAMURA *et al.* 2013), pre-allineate con la sua applicazione MUSCLE e quindi corrette manualmente.

Analisi filogenetiche

L'albero filogenetico, radicato con l'outgroup *Bolbitius vitellinus* (Pers.) Fr., comprende, oltre alle nostre sequenze, anche quelle più simili selezionate mediante l'algoritmo BLASTn (ALTSCHUL *et al.* 1990) dai database pubblici INSD (www.insd.org), UNITE (<http://unite.ut.ee/>) e BOLDSYSTEMS (<http://www.boldsystems.org/>).

Lo studio filogenetico è stato realizzato con l'allineamento delle sequenze ITS dell'rDNA di una matrice di 79 OTU. Il data set è stato elaborato usando MESQUITE (MADDISON & MADDISON 2017). Nell'allineamento la regione 18S è stata eliminata. Dopo il taglio in testa e in coda la matrice consisteva di 839 coppie di basi. I gap in testa e in coda sono stati sostituiti con punti interrogativi. Il data set ottenuto è stato analizzato utilizzando i criteri di inferenza bayesiana (BI) e di massima verosimiglianza (ML). I numeri di accesso delle sequenze sono riportati in **Fig. 1**. L'analisi bayesiana è stata realizzata attraverso la piattaforma CIPRES Science Gateway v. 3.3 (MILLER *et al.* 2010) utilizzando l'algoritmo MrBayes (3.2.7a) con il modello GTR + GAMMA, con due corse simultanee, quattro catene, temperatura fissata a 0,2 e campionamento ogni 1000 generazioni fino a raggiungere i parametri di convergenza [deviazione standard inferiore a 0,01 e PSRF (Potential Scale Reduction Factor) (GELMAN & RUBIN 1992) uguale a 1], ottenuti dopo 740.000 generazioni. Sono stati "bruciati" il 25% degli alberi, quelli del tratto iniziale e quelli della coda finale. L'analisi di massima verosimiglianza è stata eseguita utilizzando il programma RAxML (STAMATAKIS 2014) con l'algoritmo di ricerca standard con 1000 cicli di bootstrap secondo il modello GTR + GAMMA. Gli alberi in formato .tre sono stati letti con il programma SEAVIEW version 4 (GOUY *et al.* 2010) e salvati in formato vettoriale per la stampa. Le analisi BI e ML hanno prodotto la stessa topologia. Nella **Fig. 1** è mostrato il filogramma ottenuto, con i valori della probabilità posteriore (BPP) combinati con i valori di bootstrap (MLB). Le soglie di significatività sono state indicate quando superiori o uguali a 0,71 per la probabilità posteriore e al 62% per il bootstrap.

TASSONOMIA

Pholiotina mediterranea Siquier & Salom. *Rivista di Micologia* 60 (3): 216. 2018

Inquadramento sistematico: ordine Agaricales Underw. 1899, sottordine Agaricineae Fr. 1825, famiglia Bolbitiaceae Singer 1948, genere *Pholiotina* Fayod 1889, sezione *Pholiotina*

Descrizione macroscopica (Figg. 2-3)

Cappello 8-22 mm, inizialmente emisferico, poi convesso infine piano, in alcuni esemplari umbonato. Margine leggermente ondulato e talvolta decorato da residui di velo. Cuticola igrofana, striata al margine negli esemplari imbibiti. Colore variabile in funzione del grado di imbibizione da bruno castano a giallo paglierino.

Lamelle da ascendenti ad adnate, inizialmente dritte, ventricose con l'età, di colore da giallo-brunastre a leggermente rugginose con filo costantemente biancastro.

Gambo cilindrico, flessuoso, 10-30 × 1-1,5 mm, interamente pruinoso, inizialmente biancastro, presto imbrunente nella parte inferiore, diventa bruno-nerastro per sfregamento o traumi, dotato di un sottile anello da bianco-giallastro a castano, detersile, i cui resti, in alcuni esemplari, sono stati osservati sul margine del cappello.

Carne esigua, giallastra nel cappello, più scura nel gambo, da caramello a bruno-nerastro soprattutto alla base del gambo; odore e sapore insignificanti.

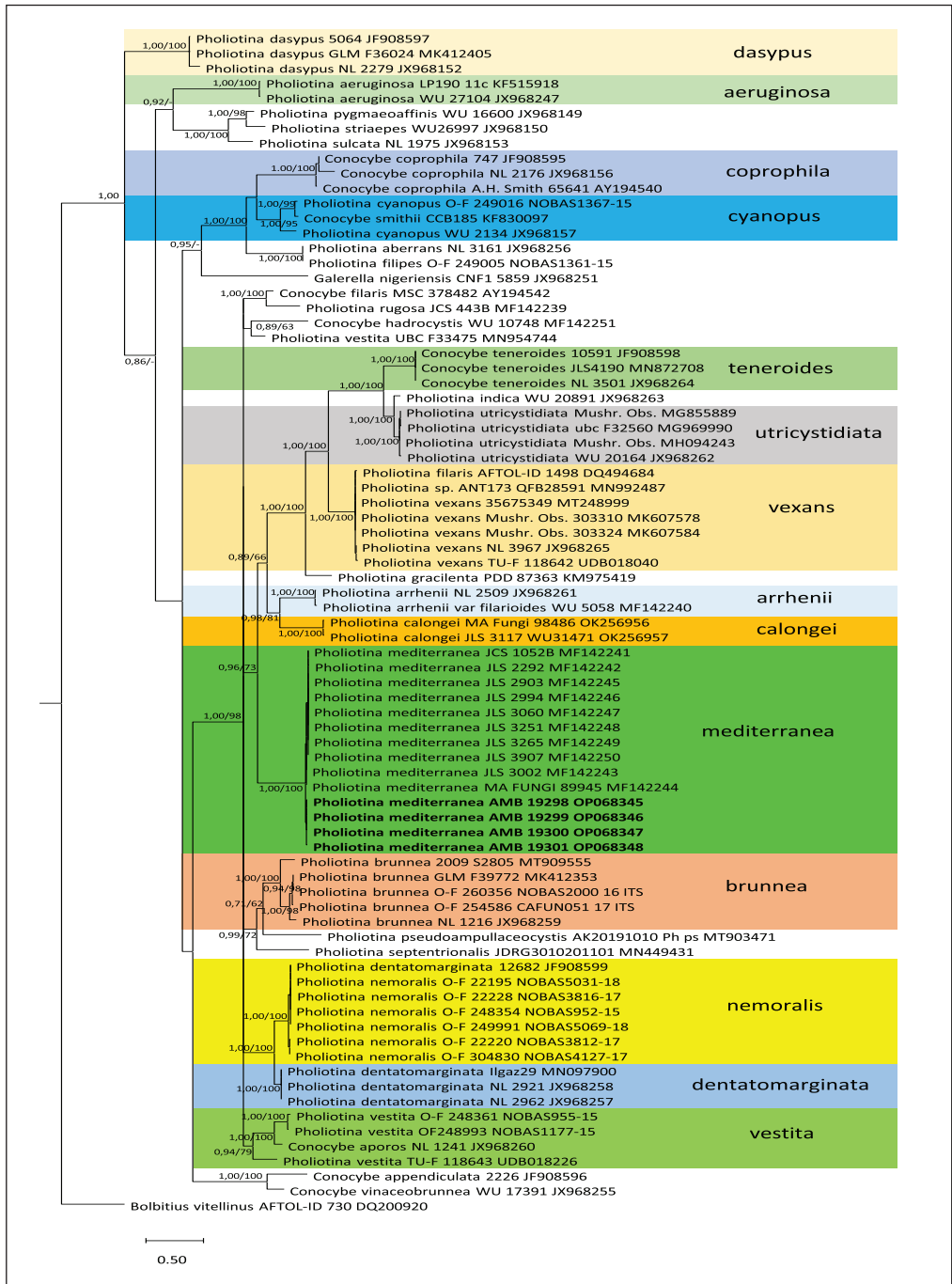


Fig. 1. Filogramma di sequenze del genere *Pholiotina* basato sull'analisi combinata con i metodi dell'inferenza bayesiana (MrBayes) e della massima verosimiglianza (RAxML) di una matrice della regione genica nucleare ITS. Sui nodi sono riportati i valori di BPP e di MLB.



Fig. 2. *Pholiotina mediterranea* AMB 19298.

Foto di Salvatore La Rocca



Fig. 3. *P. mediterranea* AMB 19299.

Foto di Salvatore La Rocca

Descrizione microscopica (Figg. 4-9)

Spore 9,3-11,6 × 5,3 -6,2; Q = 1,68-2,08; Q_m = 1,83, da ellissoidali a citriformi, lisce, da giallastre a ocracee in acqua, provviste di poro germinativo (1-1,5 µm di Ø), con parete leggermente ispessita, in modo più marcato in prossimità del poro.

Basidi 25-30 × 10 µm, tetrasporici, claviformi.

Cheilocistidi 25-40 × 6-10 µm, variabili, sinuosi, da lageniformi a cilindrico-flessuosi, talvolta panciuti.

Caulocistidi simili ai cheilocistidi in forma e dimensioni.

Pileipellis formata da ife sferopeduncolate di 20-30 × 15-25 µm, ampolliformi, con peduncolo molto pronunciato (15-25 × 5-8 µm), provviste di pigmento citoplasmatico bruno-mielato in acqua.

Pileocistidi non osservati.

Giunti a fibbia presenti in tutti i tessuti.

Habitat su tappeti muscinali direttamente su sabbia, nel retroduna o in depressioni all'interno di impianti di rimboschimento a *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Acacia saligna* (Labill.) H.L. Wendl., *Pinus pinea* L. e *Pinus halepensis* Mill.

Materiale studiato Italia: 19.12.2021, in località Le Macchie, comune di Balestrate (PA), 0-5 m s.l.m., (Fig. 10) su cuscini di muschio nel retroduna ai margini del rimboschimento a *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia saligna* e *Pinus halepensis* Mill., leg. S. La Rocca, AMB 19298, LRS 2021121902; 19.12.2021, ibidem, su cuscini di muschio nel retroduna in una depressione umida all'interno del rimboschimento a *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia saligna* e *Pinus halepensis*, leg. S. La Rocca, AMB 19299, LRS 2021121903; 4.01.2022, ibidem, su tappeti muscinali nel retroduna ai margini di una linea tagliafuoco in prossimità di giovani esemplari di *Pinus halepensis*, leg. S. La Rocca, AMB 19300, LRS 2022010402; 4.01.2022, in località Porto Palo, comune di Menfi (AG), 8-15 m s.l.m., (Fig. 11) su cuscino di muschio nel retroduna in prossimità di *Eucalyptus camaldulensis*, leg. S. La Rocca, AMB 19301, LRS 2022010401.

Discussione

Pholiotina mediterranea Siquier & Salom è stata rinvenuta in due differenti località siciliane, sulla costa settentrionale e meridionale, in area retrodunale. Ad oggi, oltre alle Isole Baleari (SIQUIER & SALOM 2017), luogo di descrizione, la sua presenza è nota a Girona (PÉREZ-DE-GREGORIO 2018) e Monistrol de Montserrat (SIERRA & VALVERDE-VALERA 2019) in Spagna e a Cipro (SIQUIER & SALOM 2020). I ritrovamenti effettuati in Sicilia provengono da aree retrodunali, su pulvini di muschio direttamente su sabbia nuda, in aree di rimboschimento sulla costa tirrenica e su quella meridionale dell'isola. Le tre raccolte in località Le Macchie (Balestrate - PA) sono distribuite parallelamente alla linea di battigia a circa una cinquantina di metri di distanza l'una dall'altra. La raccolta di Porto Palo (Menfi - AG) si colloca alle spalle di un complesso dunale che raggiunge i 35-40 m s.l.m., a una distanza di circa 250 m dalla linea di battigia in prossimità di isolati alberi di *Eucalyptus camaldulensis* e *Acacia saligna*.

Pholiotina mediterranea, secondo la tassonomia adottata da Hausknecht (HAUSKNECHT & KRISAI-GREILHUBER 2007; HAUSKNECHT 2009), per le spore lisce, anello fugace e forma dei cheilocistidi, va inserita nella sezione *Pholiotina*. Si differenzia con facilità da *P. aporos* (Kits van Wav.) Cléménçon, le cui spore sono prive di poro germinativo, mentre risulta più complessa la separazione da altre entità simili come:

P. arrhenii (Fr.) Singer che è caratterizzata da basidiomi di dimensioni leggermente maggiori, con tinte molto pallide, talvolta biancastre, anello persistente, carne biancastra e non imbrunente nel gambo, spore piccole con pareti sottili e poro germinativo piccolo.

P. calongei Siquier, E. Suárez, Salom & Planas si distingue facilmente per l'habitat particolare su sterco vaccino.

P. hadrocystis (Kits van Wav.) Courtec. che presenta una taglia maggiore, cappello rugoso al disco, gambo bianco con anello persistente e spore con pareti sottili.

P. rugosa (Peck) Singer che presenta un marcato imbrunimento del gambo ma differisce per il cappello rugoso, la taglia maggiore, l'anello ampio e biancastro, i cheilocistidi con apici assottigliati.

P. vexans (P.D. Orton) Bon che presenta taglia più robusta, un ampio anello persistente bianco, spore più grandi e caulocistidi più grandi.

P. arrhenii (Fr.) Singer var. *filarioides* Hauskn. & Krisai dalla descrizione degli autori (HAUSKNECHT & KRISAI-GREILHUBER 2010) appare l'entità più vicina in quanto presenta spore più grandi della varietà tipica e quindi sovrapponibili a quelle di *P. mediterranea*, cheilocistidi e caulocistidi molto simili, tinte più chiare del cappello e gambo biancastro leggermente imbrunente. Le analisi di biologia molecolare e l'ambiente di crescita separano chiaramente le due entità; *P. arrhenii* var. *filarioides* viene segnalata nell'Europa continentale in ambienti caratterizzati da presenza di abete rosso e betulla, mentre *P. mediterranea* è stata rinvenuta in area mediterranea, in ambiente costiero caratterizzato da dune consolidate in presenza di Acacie, Eucalipti e Pino d'Aleppo.

Chiave delle specie europee delle *Pholiotina* della sezione *Pholiotina*

- 1a Spore senza poro germinativo **Serie *Aporos***2
- 2a Basidiomi con cappello e gambo oca-brunastri, spore $6,8-9,3 \times 4,1-4,8 \mu\text{m}$, giunti a fibbia presenti *P. aporos*
- 2b Basidiomi interamente biancastri, spore $7,5 \times 4,2 \mu\text{m}$, giunti a fibbia assenti, nota solo nella località di descrizione in Austria *P. aporos* var. *moseriana*
- 1b Spore con poro germinativo..... 3
- 3a Cheilocistidi in maggioranza otriformi o vescicolosi **Serie *Teneroides*** 4
- 4a Basidi bisporigi *P. teneroides*
- 4b Basidi tetrasporici, cheilocistidi in maggioranza otriformi, talvolta con apice leggermente capitato, anche con elementi da subsferici a largamente clavati
 *P. utricystidiata*
- 3b Cheilocistidi in maggioranza lageniformi, clavati, cilindrici o variamente miscelati tra loro, solo raramente presenti elementi otriformi o vescicolosi **Serie *Vexans*** 5
- 5a Spore mediamente più lunghe di $10 \mu\text{m}$ 6
- 6a Cheilocistidi da subcilindrici a lageniformi, ondulado-sinuosi, con apici larghi $2-5 \mu\text{m}$ *P. vexans*
- 6b Cheilocistidi versiformi, in maggioranza lageniformi con collo largo e apici arrotondati o clavati, taluni anche con escrescenze laterali, in numero minore otriformi, cilindrici o sferopedunculati, su sterco vaccino *P. calongei*
- 5b Spore mediamente meno lunghe di $10 \mu\text{m}$ 7
- 7a Spore $6,5-8,5 \times 4-5 \mu\text{m}$ con parete sottile e poro germinativo di piccole dimensioni 8
- 8a Cheilocistidi di forme variabili, claviformi con apici $> 5 \mu\text{m}$, lageniformi e otriformi
 *P. hadrocystis*
- 8b Spore $6,7-8 \times 3,9-4,7 \mu\text{m}$, cheilocistidi cilindrici con apici ondulati larghi $2-5 \mu\text{m}$
 *P. arrhenii* var. *arrhenii*
- 7b Spore $8-11 \times 4,5-6 \mu\text{m}$ con parete da media a spessa e poro germinativo di medie dimensioni 9

9a Cheilicistidi da lanceolati a lageniformi, progressivamente assottigliati all'apice, spore $8,8-10 \times 4-5,7 \mu\text{m}$, con parete leggermente ispessita e poro germinativo largo fino a $1,5 \mu\text{m}$; carne della base del gambo imbrunente, cappello con disco generalmente rugoso*P. rugosa*

9b Carne del gambo bruna scura che diviene nerastra con l'età o la manipolazione, cheilicistidi variabili, lageniformi con collo allungato e flessuoso, ondulato, in maggioranza cilindrici irregolarmente ondulato-sinuosi, anche panciuti con apici da arrotondati a capitulati, spore $8-11 \times 4,6-6$, legata ad ambienti costieri, retrodunali, a distribuzione mediterranea
.....*P. mediterranea*

9c Carne del gambo biancastra non o solo leggermente imbrunente, cheilicistidi cilindrici con apici ondulati simili a quelli di *P. mediterranea*, spore $8,5-10 \times 4,5-6$, cappello biancastro ocraceo non striato, entità continentale a distribuzione centro-europea
..... *P. arrhenii* var. *filarioides*

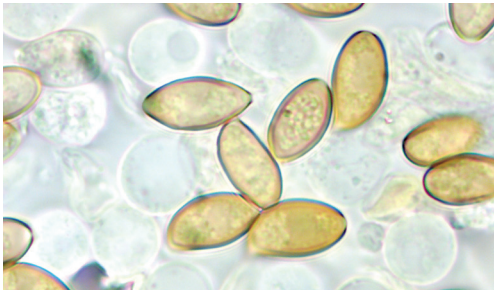


Fig. 4. *P. mediterranea*. AMB 19298. Spore $100\times$ in acqua.
Foto di Salvatore La Rocca

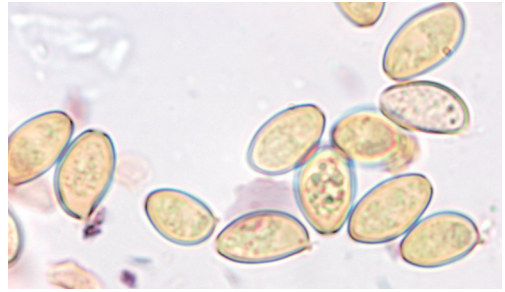


Fig. 5. *P. mediterranea*. AMB 19300. Spore $100\times$ in acqua.
Foto di Salvatore La Rocca

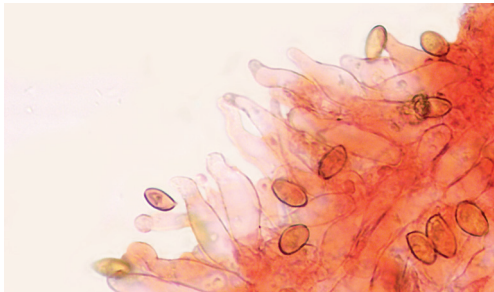


Fig. 6. *P. mediterranea*. AMB 19299. Cheilicistidi $40\times$ in rosso Congo.
Foto di Salvatore La Rocca

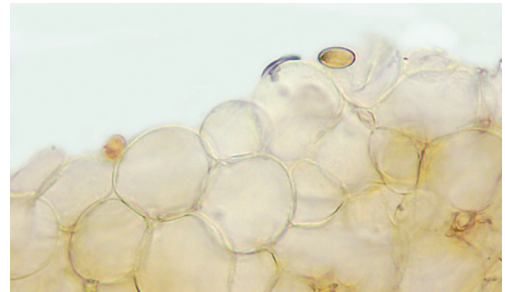


Fig. 7. *P. mediterranea*. AMB 19299. Pileipellis $100\times$ in acqua.
Foto di Salvatore La Rocca

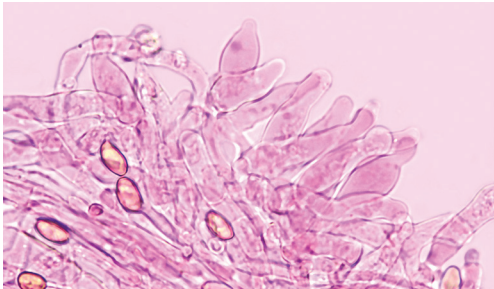


Fig. 8. *P. mediterranea*. AMB 19301. Caulocistidi $40\times$ in floxina anionica.
Foto di Salvatore La Rocca

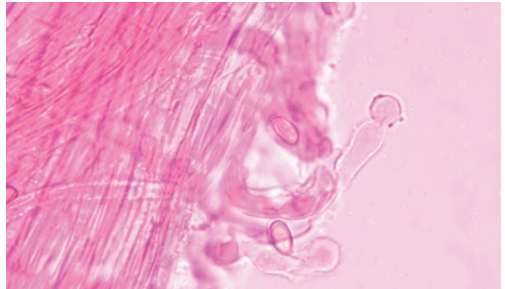


Fig. 9. *P. mediterranea*. AMB 19300. Caulocistidi $40\times$ in floxina anionica.
Foto di Salvatore La Rocca



Fig. 10. *P. mediterranea*. Località Le Macchie, Comune di Balestrate (PA)

Foto di Salvatore La Rocca



Fig. 11. *P. mediterranea*. Località Porto Palo, Comune di Menfi (AG).

Foto di Salvatore La Rocca

Indirizzi degli autori

SALVATORE LA ROCCA
Via Vincenzo Di Marco, 4 - IT 90143 Palermo,
E-mail: larocca70salvo@gmail.com

GIOVANNI CONSIGLIO
Via Ronzani, 61 - IT 40033 – Casalecchio di Reno (BO).
E-mail: giovanni.consiglio45@gmail.com

Bibliografia

- AA.VV. – 2005: Funghi Piemontesi. Funghi e Ambiente 99bis: Inserto centrale: 249-260, Tav. 745-780. *Associazione Micologica Bresadola Gruppo di Fara Novarese*.
- AA.VV. – 2009: Compléments à la Flore des Champignons supérieurs du Maroc de G. Malençon et R. Bertault. *Confédération Européenne de Mycologie Méditerranéenne*. Nice.
- ABARENKOV K., R.H. NILSSON, K.-H. LARSSON, I.J. ALEXANDER, U. EBERHARDT, S. ERLAND, K. HØILAND, R. KJØLLER, E. LARSSON, T. PENNANEN, R. SEN, A.F.S. TAYLOR, L. TEDERSOO, B.M. URSING, T. VRÅLSTAD, K. LIIMATAINEN, U. PEINTNER & U. KÖLJALG – 2010: The UNITE database for molecular identification of fungi – recent updates and future perspectives. *New Phytologist* 186: 281-285.
- ALTSCHUL S.F., W. GISH, W. MILLER, E.W. MYERS & D.J. LIPMAN – 1990: Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology* 215: 403-410.
- ALTSCHUL S.F., T.L. MADDEN, A.A. SCHÄFFER, J. ZHANG, Z. ZHANG, W. MILLER, D.J. LIPMAN – 1997: Gapped BLAST and PSI-BLAST: A New Generation of Protein Database Search Programs. *Nucleic Acids Research* 25 (17): 3389-3402.
- ARNOLDS E., T.W. KUYPER & M.E. NOORDELOOS – 1995: Overzicht van de paddestoelen in Nederland (Tweede herdruk 1999): 457-465, 492-493, 496, 498, 520-525, 548-551, Pl. 15A-D. *Nederlandse Mycologische Vereniging*, Nederland.
- ARNOLDS E. – 2005: Genus *Conocybe*. *Flora Agaricina Neerlandica* 6. Ed. Noordeloos, Kuyper & Vellinga.
- ARORA D. – 1986: *Mushrooms demystified. A comprehensive guide to the fleshy fungi second edition*: 630-656. U.S.A.
- BON M. – 1992: Clé monographique des espèces galero-naucorioïdes. *Documents mycologiques* 21 (84): 1-84.
- BREITENBACH J. & F. KRÄNZLIN – 1995: *Champignons de Suisse. Tome 4. Champignons à lames (2ème partie): Cortinariaceae*. Édition Mykologia. Lucerne.
- BRUNS T.D., T.M. SZARO, M. GARDES, K.W. CULLINGS, J.J. PAN, D.L. TAYLOR, T.R. HORTON, A. KRETZER, M. GARBELOTTO & Y. LI – 1998: A sequence database for the identification of ectomycorrhizal basidiomycetes by phylogenetic analysis. *Molecular Ecology* 7: 257-272.
- CHIARI M., C. PAPETTI, G. MEDARDI et coll. – 2015: I funghi della città di Brescia: 338-342. *Commissione Scientifica del Circolo Micologico G. Carini "Ermanno Marchina"*, Brescia.
- CONSIGLIO G. – 1999: Contributo alla conoscenza dei Macromiceti dell'Emilia-Romagna. XV. Famiglia Bolbitiaceae. *Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola - Nuova serie*. BGMB 42 (2): 67-77.
- CONSIGLIO G. & C. PAPETTI – 2005: Atlante fotografico dei funghi d'Italia 2. *A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici*.
- CONSIGLIO G. & C. PAPETTI – 2009: Atlante fotografico dei funghi d'Italia 3. *A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici*.
- CONSIGLIO G. & L. SETTI – 2018: I Generi *Hohenbuehelia* e *Resupinatus* in Europa. *Fondazione Centro Studi Micologici A.M.B.*, Trento.
- CONTU M. & S. LA ROCCA – 1999: Funghi della zona mediterranea insulare italiana. *Fungi non Delineati. Pars IX*: 1-48.
- CORRIOL G. & C. HANNOIRE – 2018: Contribution à l'inventaire mycologique de Midi-Pyrénées (France). *Documents Mycologiques* 37: 57-58, 64-65, 67-68, 70, 76-77, 122-124, 130, 136-137, 146-149.
- COURTECUISSÉ R. & B. DUHEM – 1994: *Guide des champignons de France et d'Europe*: 61-62, 144-147. Delachaux et Niestlé, Lausanne.

- DÄHNCKE R.M. – 1993: 1200 Pilze in Farbfotos: 1015-1035. *At Verlag Aarau*. Stuttgart.
- DÄHNCKE R.M. & S.M. DÄHNCKE – 1984: 700 Pilze in Farbfotos: 592-599; 616-622. *At Verlag Aarau*. Stuttgart.
- EDGAR R.C. – 2004: MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research* 32 (5): 1792-97.
- EDLER D., KLEIN J., ANTONELLI A. & D. SILVESTRO – 2021: raxmlGUI 2.0: a graphical interface and toolkit for phylogenetic analyses using RAXML. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(2): 373-377.
- EYSSARTIER G. & P. ROUX – 2011: *Le guide des champignons France et Europe*: 1008-1013. Belin.
- FAYOD V. – 1889: Prodrome d'une histoire naturelle des Agaricinés. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique*, sér. 7 9: 181-411.
- GARBELLOTO & Y. LI – 1998: A sequence database for the identification of ectomycorrhizal basidiomycetes by phylogenetic analysis. *Molecular Ecology* 7: 257-272.
- GARDES M. & T.D. BRUNS – 1993: ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes- application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular ecology* 2: 113-118.
- GELMAN A. & D.B. RUBIN – 1992: Inference from iterative simulation using multiple sequences. *Statistical Science* 7: 457-511.
- GOUY M., S. GUINDON & O. GASCUEL – 2010: SeaView version 4: A multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building. *Molecular Biology and Evolution* 27 (2): 221-224.
- HASEGAWA M., H. KISHINO & T. YANO – 1985: Dating the human-ape split by a molecular clock of mitochondrial DNA. *Journal of Molecular Evolution* 22: 160-174.
- HAUSKNECHT A. – 2009: A monograph of the genera *Conocybe* Fayod and *Pholiotina* Fayod in Europe. *Fungi Europaei* 13. Edizioni Candusso. Alassio.
- HAUSKNECHT A. & I. KRISAI-GREILHUBER – 2007: Infrageneric division of the genus *Pholiotina* – a classical approach. *Österr. Z. Pilzk.* 16: 133-145.
- HAUSKNECHT A. & I. KRISAI-GREILHUBER – 2010: Three new taxa of Bolbitiaceae (*Conocybe*, *Pholiotina*) in Europe. *Österr. Z. Pilzk.*, 19: 175-187.
- HAUSKNECHT A. & J. VESTERHOLT IN AA.VV. – 2012: *Pholiotina* Fayod. *Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera*: 756-762. Editors H. Knudsen & J. Vesterholt. Nordsvamp. Copenhagen.
- HAUSKNECHT A., I. KRISAI-GREILHUBER & H. VOGLMAYR – 2004: Type studies in North American species of Bolbitiaceae belonging to the genera *Conocybe* and *Pholiotina*. *Österr. Z. Pilzk.* 13: 153-235.
- HE M.-Q., R.-L. ZHAO, K.D. HYDE, D. BEGEROW, M. KEMLER, A. YURKOV, E.H.C. MCKENZIE, O. RASPÉ, M. KAKISHIMA, S. SÁNCHEZ-RAMÍREZ, E.C. VELLINGA, R. HALLING, V. PAPP, I.V. ZMITROVICH, B. BUYCK, D. ERTZ, N.N. WIJAYAWARDENE, B.-K. CUI, N. SCHOUTTETEN, X.-Z. LIU, T.-H. LI, Y.-J. YAO, X.-Y. ZHU, A.-Q. LIU, G.-J. LI, M.-Z. ZHANG, Z.-L. LING, B. CAO, V. ANTONÍN, T. BOEKHOUT, B.D. BARBOSA DA SILVA, E. DE CROP, C. DECOCK, B. DIMA, A.K. DUTTA, J.W. FELL, J. GEML, M. GHOBAD-NEJHAD, A.J. GIACHINI, T.B. GIBERTONI, S.P. GORJÓN, D. HAELEWATERS, S.-H. HE, B.P. HODKINSON, E. HORAK, T. HOSHINO, A. JUSTO, Y.W. LIM, N. MENOLLI JR., A. MEŠIČ, J.-M. MONCALVO, G.M. MUELLER, L.G. NAGY, R.H. NILSSON, M. NOORDELOOS, J. NUYTINCK, T. ORIHARA, C. RATCHADAWAN, M. RAJCHENBERG, A.G.S. SILVA-FILHO, M.A. SULZBACHER, Z. TKALČEC, R. VALENZUELA, A. VERBEKEN, A. VIZZINI, F. WARTCHOW, T.-Z. WEI, M. WEIS, C.-L. ZHAO & P.M. KIRK – 2019: Notes, outline and divergence times of Basidiomycota. *Fungal Diversity* 99: 105-367. <https://doi.org/10.1007/s13225-019-00435-4>.
- HIBBETT D.S. – 2004: Trends in morphological evolution in Homobasidiomycetes inferred using maximum likelihood: a comparison of binary and multistate approaches. *Systematic Biology* 53 (6): 889-903. doi: 10.1080/10635150490522610.
- HIBBETT D.S., R. BAUER, M. BINDER, A.J. GIACHINI, K. HOSAKA, A. JUSTO, E. LARSSON, K.H. LARSSON, J.D. LAWREY, O. MIETTINEN, L.G. NAGY, R.H. NILSSON, M. WEISS & R.G. THORN – 2014: Agaricomycetes. In McLAUGHLIN D.J. & J.W. SPATAFORA (Eds.), *The Mycota VII Part A. Systematics and Evolution*, 2nd Edition: 373-429. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- HIBBETT D.S. & M. BINDER – 2002: Evolution of complex fruiting-body morphologies in Homobasidiomycetes. *Proceedings of the Royal Society, B biological sciences* 269: 1963-1969.

- HIBBETT D.S., M. BINDER, J.F. BISCHOFF, M. BLACKWELL, P.F. CANNON, O.E. ERIKSSON, S. HORAK E. – 2005: Röhrlinge und Blätterpilze in Europa - unter der Mitarbeit von Anton Hausknecht (Bolbitiaceae) und P.A. Moreau (*Alnicola*). Elsevier Spektrum Akademischer. München.
- HUHDORF, T. JAMES, P.M. KIRK, R. LUCKING, H.T. LUMBSCH, F. LUTZONI, B.P. MATHENY, D.J. MCLAUGHLIN, M.J. POWELL, S. REDHEAD, C.L. SCHOCH, J.W. SPATAFORA, J.A. STALPERS, R. VILGALYS, C.M. AIME, A. APTROOT, R. BAUER, D. BEGEROW, G.L. BENNY, L.A. CASTLEBURY, P.W. CROUS, Y.C. DAI, W. GAMS, D.M. GEISER, G.W. GRIFFITH, C. GUEIDAN, D.L. HAWKSWORTH, G. HESTMARK, K. HOSAKA, R.A. HUMBER, K.D. HYDE, J.E. IRONSDALE, U. KÖLJALG, C.P. KURTZMAN, K.H. LARSSON, R. LICHTWARDT, J. LONGCORE, J. MIADLIKOWSKA, A. MILLER, J.M. MONCALVO, S.M. STANDRIDGE, F. OBERWINKLER, E. PARMASO, V. REEB, J.D. ROGERS, C. ROUX, L. RYVARDEN, J.P. SAMPAIO, A. SCHÜSSLER, J. SUGIYAMA, R.G. THORN, L. TIBELL, W.A. UNTEREINER, C. WALKER, Z. WANG, A. WEIR, M. WEISS, M.M. WHITE, K. WINKA, Y.J. YAO & N. ZHANG – 2007: A higher-level phylogenetic classification of the fungi. *Mycological Research* 111: 509-547.
- HIBBETT D.S. & R.G. THORN – 2001: Basidiomycota: Homobasidiomycetes in McLAUGHLIN D.J., McLAUGHLIN E.G. & P.A. LEMKE (Eds.), *The Mycota. A comprehensive treatise on fungi as experimental systems for basic and applied research. VII. Systematics and Evolution Part B*: 121-168.
- INDEX FUNGORUM DATABASE: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- KIMURA M. – 1980: A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 16: 111-120.
- KIRK P.M. & A.E. ANSELL – 2003: Authors of fungal names. *CABI Bioscience*. <http://www.indexfungorum.org/Names/AuthorsOfFungalNames.htm>
- KÜHNER R. – 1938: *Le genre Mycena (Fries)*. Paul Lechevalier, éditeur. Paris.
- KUMAR S., G. STECHER, M. LI & K. TAMURA – 2018: MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Mol. Biol. Evol.* 35 (6): 1547-1549.
- LARSSON K.-H., E. LARSSON & U. KÖLJALG – 2004: High phylogenetic diversity among corticioid homobasidiomycetes. *Mycological Research* 108 (9): 983-1002.
- LÆSSØE T. & J.H. PETERSEN – 2019: *Fungi of temperate Europe 2*. Princeton University Press. Princeton and Oxford.
- LA ROCCA S. & G. BAZAN – 2002 (“2001”): Contributo alla conoscenza della micoflora delle dune costiere della Sicilia: i macromiceti di contrada “Le Macchie” (Balestrate, Palermo). *Quad. Bot. Ambientale Appl.* 12: 3-12.
- LA ROCCA S. & G. VENTURELLA – 2000: *Amanita gilberti*, una nuova entità per la micoflora siciliana. *Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola* 43 (2): 117-120.
- LA ROCCA S. – 2002: Macromiceti della spiaggia di “Salinelle” (Lascari, Palermo). *Quad. Bot. Ambientale Appl.* 13: 71-74.
- LA ROCCA S. – 2005: Contributo alla conoscenza dei macromiceti della Sicilia. *Rhodocybe ochraceopallida* e *Agaricus freirei*. *Micologia e Vegetazione Mediterranea* 18 (2): 13-16.
- LONATI G. – 1991: Funghi rari o poco conosciuti: *Pholiotina arrhenii* e *Pholiotina vestita*. *Micologia e Vegetazione mediterranea* 6 (2): 105-110.
- LONATI G. – 1993: Funghi rari o poco conosciuti: *Pholiotina aporos* e *Pholiotina brunnea*. *Micologia e Vegetazione mediterranea* 8 (1): 9-14.
- LONATI G. – 1994a: Funghi rari o poco conosciuti: *Pholiotina hadrocystis* e *Pholiotina subnuda*. *Micologia e Vegetazione mediterranea* 9 (1): 51-58.
- LONATI G. – 1994b: Funghi rari o poco conosciuti. *Pholiotina filaris* e *Pholiotina exannulata*. *Micologia e Vegetazione mediterranea* 9 (2): 117-122.
- LONATI G. – 1995: Funghi rari o poco conosciuti: *Pholiotina blattaria* e *Pholiotina appendiculata*. *Micologia e Vegetazione mediterranea* 10 (1): 3-8.
- LUDWIG E. – 2007: *Pilzkompendium. Band 2. Abbildungen*. Fungicon-Verlag, Berlin.
- LUDWIG E. – 2007: *Pilzkompendium. Band 2. Beschreibungen*. Fungicon-Verlag, Berlin.
- MADDISON W.P. & D.R. MADDISON – 2017: *Mesquite: a modular system for evolutionary analysis*. Disponibile a <http://mesquiteproject.org>

- MALENÇON G. & R. BERTAULT – 1970: *Flore des champignons supérieurs du Maroc. Tome I*. Trav. Inst. Sci. Chérif. 32:1-604. Rabat.
- MALYSHEVA E.F. – 2011: Studies on *Pholiotina* (Bolbitiaceae, Agaricomycetes) in the Western Caucasus, Russia. *Nova Hedwigia* 93 (3-4): 385-394.
- MILLER M.A., W. PFEIFFER & T. SCHWARTZ – 2010: *Creating the CIPRES science gateway for inference of large phylogenetic trees*. In: Proceedings of the gateway computing environments workshop (GCE), 14 November 2010. New Orleans, LA, pp. 1-8.
- MOSER M. – 1980: *Guida alla determinazione dei funghi. Vol. I*. Saturnia, Trento, Italia.
- MOSER M., F. BELLÙ, A. HAUSKNECHT & U. PEINTNER – 2000: *Farbatlas der Basidiomyceten*.
- MURRAY M.G. & W.F. THOMPSON – 1980: Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic acids research* 8 (19): 4321-4325.
- OPPICELLI N. – 2020: *Funghi in Italia. Guida pratica alla ricerca e al riconoscimento*. Erredi Grafiche Editoriali. Genova.
- PADOVAN F., L. LORENZON, E. CAMPO, M. FLORIANI, L. MICHELIN, R. BROTZU, E. BIZIO & M.C. MAGNOZZI - 2020: 1260 funghi della provincia di Belluno. Atlante fotografico. *Associazione Micologica "Bresadola" Gruppo di Belluno - APS*. Edizioni DBS.
- PAPETTI C., G. CONSIGLIO & G. SIMONINI – 2000: Atlante fotografico dei funghi d'Italia. 1: 433-441. *A.M.B. Fondazione Centro Studi Micologici*.
- PÉREZ-DE-GREGORIO M.A. – 2018: *Pholiotina mediterranea*. Làmina 1839 (Collecciò XXXVII). Bolets de Catalunya de la Península Ibèrica i de les Illes Balears. *Societat Catalana de Micologia*.
- PHILLIPS R. – 1981: Riconoscere I funghi. *Istituto Geografico De Agostini*. Novara.
- PHILLIPS R. – 1991: *Mushrooms of North America*. Little, Brown and Company. Boston, Toronto, London.
- RAMBAUT A. – 2009: FigTree. Tree figure drawing tool. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. *Search Programs. Nuclei Acids Research*, 25: 3389-3402.
- ROUX P. – 2006: *Mille et un champignons*. Édition Roux. Sainte-Sigolène.
- RYMAN S. & I. HOLMÅSEN – 1984: *Svampar en fälthandbok*: 114-132. Interpublishing, Stockolm. Singer.
- SIQUIER J.L. & J.C. SALOM – 2017: Il genere *Pholiotina* nelle Isole Baleari (Spagna) – I. *Pholiotina mediterranea* sp. nov. *Rivista di Micologia* 60 (3): 213-236.
- SIQUIER J.L. & J.C. SALOM – 2020: Contributo alla conoscenza dei generi *Conocybe* (II) e *Pholiotina* (II) delle Isole Baleari (Spagna). *Conocybe parapilosella* sp. nov. *Rivista di Micologia* 63 (2): 131-155.
- SIQUIER J.L., E. SUÁREZ, J.C. SALOM & J. PLANAS – 2021: *Pholiotina calongei*, una nuova specie fimicola della Sezione *Pholiotina* raccolta nella Penisola Iberica (Spagna). *Rivista di Micologia* 64 (3): 221-237.
- STAMATAKIS A. – 2014: RAXML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30: 1312-1313.
- SUCHARD M.A., P. LEMÉY, G. BAELE, D.L. AYRES, A.J. DRUMMOND & A. RAMBAUT – 2018: Bayesian phylogenetic and phylodynamic data integration using BEAST 1.10. *Virus evolution* 4, vey016.
- TAMURA K., G. STECHER, D. PETERSON, A. FILIPSKI & S. KUMAR – 2013: MEGA6 Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- THIERS B. – 2022 (continuamente aggiornato): Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. *New York Botanical Garden's Virtual Herbarium*. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>.
- TOTH A., A. HAUSKNECHT, I. KRISAI-GREILHUBER, T. PAPP, C. VAGVOLGYI & L.G. NAGY – 2013: Iteratively refined guide tres help improving alignment and philogenetic inference in the mushroom family Bolbitiaceae. *PLoS ONE* 8 (2) E56143.
- TURLAND N.J., J. H.WIERSEMA, F.R. BARRIE, W. GREUTER, D.L. HAWKSWORTH, P.S. HERENDEEN, S. KNAPP, W.-H. KUSBER, D.-Z. LI, K. MARHOLD, T.W. MAY, J. McNEILL, A. M. MONRO, J. PRADO, M.J. PRICE & G.F. SMITH (eds.) – 2018: International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. DOI <https://doi.org/10.12705/Code.2018>

- VIZZINI A., L. PERRONE, P. ANGELI, M. GELARDI & E. ERCOLE – 2013: *Pholiotina atrocyanea* e *P. aeruginosa* (Agaricales, Bolbitiaceae), due facce della stessa medaglia. *Bollettino dell'Associazione micologica ed ecologica romana* 89: 3-18.
- WHITE T.J., T.D. BRUNS, S. LEE & J. TAYLOR – 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS M.A., D. GELFAND, J. SNINSKY & T. WHITE (eds.): PCR Protocols: a guide to methods and applications. *Academic Press*. San Diego: pp. 315-322.
- ZHANG C., J. HUELSENBECK, P. VAN DER MARK & F. RONQUIST – 2019: MrBayes: Bayesian Inference of Phylogeny. *MrBayes 3.2.7a*. <https://nbisweden.github.io/MrBayes/index.html>
- WATLING R. – 1971: The genus *Conocybe* subgenus *Pholiotina* II. Some European exannulate species and North American annulate species. *Persoonia* 6 (3): 313-339.
- WATLING R. – 1982: Bolbitiaceae: *Agrocybe*, *Bolbitius* & *Conocybe*. British Fungus Flora. Agarics and Boleti. 3. *Royal Botanic Garden*. Edinburgh.
- WHITE, T.J., BRUNS, T., LEE, S.J. W.T., & J. TAYLOR – 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications* 18(1): 315-322.
- YANG Z. – 1994: Maximum likelihood phylogenetic estimation from DNA sequences with variable rates over sites: approximate methods. *Journal of Molecular Evolution* 39: 306-314.
- ZHANG C. & M. WANG – 2019: Bayesian tip dating reveals heterogeneous morphological clocks in Mesozoic birds. *Royal Society open science* 6 (7), 182062.