

ALFREDO VIZZINI, LUIGI PERRONE, MARIANO CURTI, ENRICO ERCOLE, MAURO CITTADINI

SEGNALAZIONE DI *BOLETOPSIS MEDITERRANEENSIS*
(BANKERACEAE, THELEPHORALES) PER IL LAZIO
E PRIMA RACCOLTA CONFERMATA MOLECOLARMENTE PER L'ITALIA

Riassunto

Boletopsis mediterraneensis, una specie recentemente istituita sulla base di raccolte provenienti da Spagna, Francia e Cipro, viene segnalata per il Lazio. Viene fornita una completa descrizione macro e micromorfologica delle collezioni laziali, corredata da immagini dei basidiomi e di microscopia. L'analisi filogenetica molecolare effettuata sulla base di sequenze ribosomali nrITS e nrLSU (28S) indica la strutturazione di *B. mediterraneensis* in quattro sottocladi e che le raccolte laziali appartengono al subclade III. Inoltre, la specie è anche presente in Pantelleria (Sicilia), Algeria, Marocco e Turchia. *Boletopsis mediterraneensis* viene comparata morfologicamente alle altre tre specie europee di *Boletopsis* e a due specie descritte per la Cina. Infine, *B. atrata* viene trasferita, su base morfologica, nel genere *Corneroporus*.

Abstract

Boletopsis mediterraneensis, a species recently established based on collections from Spain, France and Cyprus is here reported from Lazio. A full macro- and micromorphological description of the Italian collections are provided coupled with colour plates of basidiomes and micromorphological data. Molecular phylogenetic analyses performed on ribosomal markers (nrITS and nrLSU/28S) recognized four subclades within *B. mediterraneensis* and that the collections from Lazio are part of the subclade III. *B. mediterraneensis* is also present on the island of Pantelleria (Sicily), Algeria, Morocco and Turkey. *Boletopsis mediterraneensis* is morphologically compared with the other three European *Boletopsis* species and two species described from China. Finally, *B. atrata* is transferred to the genus *Corneroporus* on a morphological basis.

Key words Agaricomycetes, Basidiomycota, *Corneroporus*, ribosomal markers, Mediterranean area, taxonomy

Introduzione

Il genere *Boletopsis* Fayod 1889 (non *Boletopsis* Henn., *Nat. Pflanzenfamilien*: 194, 1898), tipo della famiglia Boletopsidaceae Bondartsev & Singer ex Jülich, fu eretto da FAYOD (1889) in un articolo su *Malpighia*, dopo una dotta dissertazione sulla filogenesi dell'habitus boletoide nei funghi, per accogliere le caratteristiche peculiari di *Boletus leucomelas* Pers. 1801 (spore angoloso-gibbose, carnicine in massa).

Il genere tradizionalmente comprende specie con basidiomi annuali, terricoli, imenoforo poroide, stipite centrale o laterale, monomitici (ife generative con unioni a fibbia), spore angolose, gibbose, tubercolate, talvolta spinose, non amiloidi, da ialine a crema-brunastro pallide in massa (es. BREITENBACH & KRÄNZLIN 1986; GILBERTSON & RYVARDEN 1986; NIEMELA & SAARENOKSA 1989; BERNICCHIA 1990, 2005; GANNAZ 1991; RYVARDEN 1991; RYVARDEN & GILBERTSON 1993; STALPERS 1993; NÚÑEZ & RYVARDEN 2001; NIEMELÄ 2005; WATLING & MILNE 2008; COOPER & LEONARD 2012; RYVARDEN & MELO 2017; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020; ZHOU H.-M. *et al.* 2022).

Sono specie ectomicorriziche (con micoclena che presenta clamidospore, placche amiloidi, rizomorfe di tipo D e austori in ectomicorrize di altre specie non identificate; AGERER 1992, 1993, 2001; TRUDELL *et al.* 2004; IZZO *et al.* 2005; BERGEMANN & GARBELOTTO 2006; RINALDI *et al.* 2008; TEDERSOO *et al.* 2010; KENNEDY *et al.* 2012; TEDERSOO & SMITH 2013), in associazione con gimnosperme [Pinaceae; *Abies*, *Cedrus*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga* (NIEMELA & SAARENOKSA 1989; STALPERS 1993; BERNICCHIA 2005; WATLING & MILNE 2006, 2008; RYVARDEN & MELO 2017; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020; ZHOU H.-M. *et al.* 2022)] ed angiosperme [Fagaceae; *Fagus*, *Nothofagus* s. l., *Quercus* spp. (MATA & RYVARDEN 2007; COOPER & LEONARD 2012; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; Ericaceae, *Arbutus unedo* L. (BERNICCHIA & BERTUCCI 1995; BERNICCHIA 2005), *A. menziesii* Pursh (KENNEDY *et al.* Sono distribuite in Europa, Asia, Nord e CentroAmerica e Nuova Zelanda (GILBERTSON & RYVARDEN 1986; RYVARDEN & GILBERTSON 1993; NÚÑEZ & RYVARDEN 2001; IZZO *et al.* 2005; MATA & RYVARDEN 2007; PORTER *et al.* 2008; WATLING & MILNE 2008; COOPER & LEONARD 2012; ZHOU L.-W. *et al.* 2016; RYVARDEN & MELO 2017; RIVOIRE 2020; ZHOU H.-M. *et al.* 2022).

Attualmente nove sono le specie di *Boletopsis* riconosciute a livello mondiale e precisamente *B. atrata* Ryvarden, *Boletopsis grisea* (Peck) Bondartsev & Singer, *B. leucomelaena* (Pers.) Fayod [come 'melaleuca', tipo del genere], *B. macrocarpa* Y.C. Dai, F. Wu & H.M. Zhou, *B. mediterraneensis* G. Moreno *et al.*, *B. nothofagi* J.A. Cooper & P. Leonard, *B. smithii* K.A. Harrison, *B. tibetana* Y.C. Dai, F. Wu & H.M. Zhou e *B. watlingii* Blanco-Dios (= *B. perplexa* Watling & Jer. Milne, nom. inval., vedi Blanco-Dios 2018).

B. grisea, *B. leucomelaena*, *B. mediterraneensis* e *B. watlingii* sono presenti in Europa (es. BREITENBACH & KRÄNZLIN 1986; NIEMELA & SAARENOKSA 1989; BERNICCHIA 2005; HROUDA 2005; WATLING & MILNE 2006; ROBIN 2015; RYVARDEN & MELO 2017; MORENO *et al.* 2019; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020); *B. grisea*, *B. watlingii* e *B. smithii* in Nord America (HARRISON 1975; GILBERTSON & RYVARDEN 1986; PORTER *et al.* 2008; WATLING & MILNE 2008; KRANABETTER *et al.* 2009; ZHOU L.-W. *et al.* 2016; GINNS 2017); *B. grisea* in Costa Rica (Centro America; MATA & RYVARDEN 2007); *B. atrata*, *B. grisea*, *B. leucomelaena*, *B. macrocarpa* e *B. tibetana* Y.C. Dai, F. Wu & H.M. Zhou in Asia (Figg. 1, 3 e HJORTSTAM & RYVARDEN 1982; NÚÑEZ & RYVARDEN 2001; DAI 2012; ZHOU H.-M. *et al.* 2022); *Boletopsis nothofagi* in Nuova Zelanda (COOPER & LEONARD 2012).

Sette specie in totale sono state prese in considerazione in analisi filogenetiche molecolari (WATLING & MILNE 2008; COOPER & LEONARD 2012; MORENO *et al.* 2019; ZHOU H.-M. *et al.* 2022) e solo per *B. atrata* e *B. smithii* non esistono sequenze depositate nei database pubblici (GenBank, UNITE, BOLDSYSTEMS).

Il nome *B. subsquamosa* (L.: Fr.) Kotl. & Pouzar (*Boletus subsquamosus* L. 1753, Fr. 1821) (KOTLÁBA & POUZAR 1957) non andrebbe utilizzato in quanto s. Auctores corrisponderebbe a *B. grisea* (*Polyporus griseus* Peck 1874), ma sensu Fr., dovrebbe essere considerato sinonimo di *Albatrellus ovinus* (Schaeff.) Kotl. & Pouzar 1957 (*Boletus ovinus* Schaeff 1774) (DONK 1974; NIEMELA & SAARENOKSA 1989; RYVARDEN & GILBERTSON 1993). *Boletopsis subcitrina* Corner descritta dalla Thailandia (CORNER 1989) è stata considerata la specie tipo del nuovo genere *Corneroporus* (HATTORI 2001, 2017).

Boletopsis viene considerato all'interno della famiglia Bankeraceae Donk (STALPERS 1993; HROUDA 2005) dell'ordine Thelephorales Corner ex Oberw., in cui è facilmente distinguibile dagli altri generi per l'imenoforo poroide. Filogeneticamente il genere è sister a *Hydnellum* (LARSSON *et al.* 2004; BINDER *et al.* 2010) o al clade *Hydnellum* + *Sarcodon* (COOPER & LEONARD 2012; VIZZINI *et al.* 2016; LARSSON *et al.* 2019; MORENO *et al.* 2019; MU *et al.* 2021) alla luce anche della rivalutazione dei limiti generici tra i generi *Hydnellum* e *Sarcodon* (LARSSON *et al.* 2019).

Scopo del presente lavoro è quello di descrivere e caratterizzare molecularmente ritrovamenti del Lazio di *B. mediterraneensis*, una specie recentemente descritta sulla base di collezioni spagnole, francesi e cipriote (MORENO *et al.* 2019).

Materiali e metodi

Analisi morfologica

La descrizione dei caratteri macromorfologici è stata effettuata su basidiomi freschi. Le strutture microscopiche sono state osservate principalmente su materiale secco. Le osservazioni sono state fatte usando due microscopi trinoculari Zeiss Universal R con oculari 10× e con obiettivi 10×, 25×, 50×, 60× a immersione in olio e 100× a immersione in olio in campo chiaro. Il materiale è stato trattato con KOH 5% per rigonfiare e ammorbidire i tessuti e rosso Congo ammoniacale per la colorazione. Per la determinazione dell'amiloidia e della destrinoidia è stato usato il reagente di Melzer. Le spore misurate (n = 32) sono state prelevate dall'imenoforo di basidiomi maturi. I valori delle dimensioni sporiali sono espressi come: (un primo numero tra parentesi che rappresenta la lunghezza minima riscontrata)-il valore minimo della lunghezza derivante dalla deviazione standard-(± deviazione standard)*media*-il valore massimo della lunghezza derivante dalla deviazione standard-(un ultimo numero tra parentesi che rappresenta la lunghezza massima riscontrata) × (un primo numero tra parentesi che rappresenta la larghezza minima riscontrata)-il valore minimo della larghezza derivante dalla deviazione standard-(± deviazione standard)*media*-il valore massimo della larghezza derivante dalla deviazione standard-(un ultimo numero tra parentesi che rappresenta la larghezza massima riscontrata); il valore del quoziente Q, corrispondente al rapporto tra lunghezza e larghezza sporale, è indicato con il valore medio seguito da ± la deviazione standard; il volume sporale, V, ha il valore medio che è accompagnato da ± la deviazione standard. Le microfotografie sono state effettuate con ottiche da 250×, 400× e 1000×. Il nome del colorante usato per le indagini microscopiche, citato nelle didascalie delle fotografie, è abbreviato per ragioni di spazio, usando il seguente acronimo: rosso Congo ammoniacale = RCA. Le citazioni degli autori seguono Index Fungorum, Authors of Fungal Names (www.indexfungorum.org/authorsoffungalnames.htm). Le essiccata sono nell'erbario degli autori ed un campione sequenziato è stato depositato presso il Museo di Storia Naturale di Venezia, MCVE 31742.

Estrazione del DNA, amplificazione PCR e sequenziamento

Il DNA genomico è stato estratto utilizzando il DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Milan Italy). Per l'amplificazione della regione nrITS è stata utilizzata la coppia di primers ITS1F/ ITS4 (WHITE *et al.*, 1990; GARDES & BRUNS 1993), mentre la coppia LR0R and LR5 (VILGALYS & HESTER 1990) per la regione nrLSU (28S). Le reazioni di amplificazione sono state condotte nel termociclatore PE9700 (Perkin-Elmer, Applied Biosystems) secondo il protocollo usato in VIZZINI *et al.* (2015). I prodotti PCR sono stati purificati con il kit AMPure XP (Beckman) e sequenziati dalla ditta MACROGEN Inc. (Seoul, Repubblica di Corea). Le sequenze ottenute sono state depositate in GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank) e il numero di accesso è riportato in **Tabella 1** e **Figg. 1-2**.

Analisi filogenetiche molecolari

Le sequenze nrITS e nrLSU ottenute sono state controllate e assemblate utilizzando il programma Geneious R11.1.5 (<https://www.geneious.com>). I dataset nrITS e nrLSU per le successive analisi filogenetiche sono stati costruiti ricavando le sequenze del genere *Boletopsis* e le sequenze ambientali simili a *B. mediterraneensis*, tramite la ricerca tassonomica, i risultati di Blastn ed i lavori di MORENO *et al.* (2019) e ZHOU H.-M. *et al.* (2022). Le sequenze sono state poi scaricate dai database pubblici GenBank e UNITE (<https://unite.ut.ee>). L'allineamento delle sequenze dei due dataset è stato effettuato con il software MAFFT v.7 (KATOY & STANDLEY 2013) ed editato manualmente con Geneious R11.1.5 (<https://www.geneious.com>). Le analisi filogenetiche sono state svolte tramite il metodo Maximum Likelihood (ML) e Bayesian Inference (BI). Sono stati costruiti e analizzati tre dataset,

Tabella 1. Dati sulle collezioni e sequenze utilizzate nelle analisi filogenetiche.

SPECIE	VOUCHER AREA GEOGRAFICA	DATA DI RACCOLTA LEGIT	HABITAT	GENBANK ACCESS NO.		RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
				nrITS	nrLSU	
<i>Boletopsis grisea</i>	AB 16-09-113 FRANCE, Haute-Loire, Cistrieres	01/09/2016 A. Bidaud	<i>Abies alba</i>	MN536743	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis grisea</i>	AB 17-09-52 FRANCE, Puy-de-Dome, Fournols	24/09/2017 A. Bidaud	<i>A. alba</i>	MN536744	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis grisea</i>	AH 42971 SPAIN, Huelva, Moguer, Cuesta Maneli	14/01/2012 Asoc. Bot. Micol. Jaen	dunes with <i>Pinus pinea</i> , <i>Cistus salviaefolius</i> , <i>Halimium calycinum</i> and <i>H. halimifolium</i>	MN536747	MN535642	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis grisea</i>	AH 44091 SPAIN, Madrid, Villa del Prado	30/11/2013 J.C. Campos	<i>Pinus pinaster</i>	MN536748	MN535643	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis grisea</i>	AH 45508 SPAIN, Huelco de San Blas, Soto del Real	12/10/2014 L. Fernandez Hermoso	<i>P. sylvestris</i> humus	–	MN535645	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis grisea</i>	AH 45535 SPAIN, Madrid, La Barranca de Navacerrada	23/10/2014 M. Benito	<i>P. sylvestris</i> humus	–	MN535644	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis cf. grisea</i>	Dai 23070 CHINA, Yunnan	– –	<i>Pinus, Quercus</i>	OL673003	OL672990	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis grisea</i>	Rec227658 (E) USA, Connecticut, Bigelow Hollow State Park near Sturbridge (Massachusetts)	23/09/2000 S. Hopkins	<i>Tsuga canadensis</i>	EF457899	–	WATLING & MILNE (2008)
<i>Boletopsis grisea</i>	Rec227659 (E) USA, New York	– –	<i>P. sylvestris</i>	EF457902	–	WATLING & MILNE (2008)
<i>Boletopsis grisea</i>	TAA159697 ESTONIA	– –	–	–	AY586636	LARSSON <i>et al.</i> (2004)
<i>Boletopsis grisea</i>	TM03_471 CANADA, Ontario	2003 –	<i>Tsuga canadensis?</i>	–	EU522836	PORTER <i>et al.</i> (2008)
<i>Boletopsis grisea</i>	UPS F-120382 SWEDEN, Uppland, Alvkarleby par	28/09/2005 G. Aronsson	Among mosses and reindeer lichens under 120-year-old <i>Pinus sylvestris</i> forest	MN536751	MN535646	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis grisea</i>	UPS F-153996 SWEDEN, Medelpad, Njurunda par., Sundsvall, Njurunda, Bergafjordens camping	22/09/2008 S. Muskos	<i>Pinus sylvestris</i> forest near the coast, on sand dunes	MN536742	MN535641	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis leucomelaena</i>	AFTOL-ID 1527 PBM2678 USA	– –	–	–	DQ154112	CURTIS J.M., MATHENY P.B. and HIBBETT D.S. (2007), direct submission
<i>Boletopsis leucomelaena</i>	UPS F-173290 SWEDEN, Harg par, Kvarngardet pa Tvarno	12/09/2003 G. Aronsson	under <i>Picea abies</i> , herb-rich old forest	MN536739	MN535638	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis leucomelaena</i>	UPS F-529270 SWEDEN, Medelpad, Tuna par., Vattjomasen	27/08/2010 S. Muskos	herb-rich <i>Picea abies</i> forest	MN536741	MN535640	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis leucomelaena</i>	UPS F-575617 SWEDEN, Uppsala par., Uppsala, Nasten	29/08/2005 I. Olariaga & A. Felipe	acidic <i>Picea</i> and <i>Populus tremula</i> forest	MN536740	MN535639	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	BJFC 037301 Dai 22728 (Holotype) CHINA, Yunnan	02/09/2021	<i>Pinus yunnanensis</i>	–	NG_149024	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)

Tabella 1. Dati sulle collezioni e sequenze utilizzate nelle analisi filogenetiche (cont.).

SPECIE	VOUCHER AREA GEOGRAFICA	DATA DI RACCOLTA LEGIT	HABITAT	GENBANK ACCESS NO.		RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
				nrITS	nrLSU	
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 21780 CHINA, Yunnan	29/08/2020 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673004	OL672991	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 22727 CHINA, Yunnan	02/09/2021 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673007	OL672994	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 22728 CHINA, Yunnan	02/09/2021 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673005	–	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 22729 CHINA, Yunnan	02/09/2021 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673006	OL672993	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 22748 CHINA, Yunnan	03/09/2021 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673008	OL672995	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 23064 CHINA, Yunnan	23/09/2021 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673009	OL672996	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis macrocarpa</i>	Dai 23065 CHINA, Yunnan	23/09/2021 –	<i>P. yunnanensis</i>	OL673010	OL672997	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	MCVE 31742 ITALY, LATIUM, Comune di Pozzaglia Sabina (RI)	19/10/2022 L. Perrone, M. Curti e M. Cittadini	impianto con <i>Abies cephalonica</i> e <i>Pinus nigra</i> e in minor parte da <i>Picea abies</i>	OQ319219	OQ319223	Questo lavoro
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AB 15-11-97 FRANCE, Ardeche, Lagorce	01/11/2015 A. Bidaud	under <i>Cedrus atlantica</i>	MN536736	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AB 16-11-198 FRANCE, Drome, Ourches	01/11/2016 G. Essertier	under <i>Cedrus atlantica</i>	MN536738	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AB 06-10-343 FRANCE, Vaucluse, Bonnieux	01/10/2006 A. Bidaud	under <i>Cedrus atlantica</i>	MN536717	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44044 SPAIN, Guadalajara, crta. Tamajon a Majaerayo	15/11/2013 J.L. Manjon	under <i>Pinus nigra</i> , basic soil	MN536715	MN535625	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 42919 SPAIN, Cadiz, Sanlucar de Barrameda, pinar de la Algaida, Donana	21/12/2011 M. Becerra & E. Robles	under <i>Pistacia lentiscus with Pinus pinea</i>	MN536729	MN535633	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44070 SPAIN, Guadalajara, crta. Tamajon a Majaerayo	15/11/2013 J.L. Manjon	under <i>P. nigra</i>	MN536724	MN535630	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44080 (Holotype) SPAIN, Madrid, San Martin de Valdeiglesias, Las Cruces	30/11/2013 J.C. Campos & M. Hinojosa	under <i>P. pinaster</i> , <i>P. pinea</i> , <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> and <i>Cistus ladanifer</i> , on acid soil	MN536723	MN535629	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44090 SPAIN, Badajoz, Fuenlabrada de los Montes	28/11/2009 E. Andres	under <i>P. pinaster</i>	MN536722	MN535628	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44092 SPAIN, Segovia, El Espinar	14/11/2010 S. Mentrida	under <i>P. pinaster</i>	MN536721	MN535627	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44093 SPAIN, Ibiza, Santa Eularia des Riu, Atoloia de Sant Llorenç	05/12/2009 J.L. Siquier	under <i>P. halepensis</i> , basic soil	MN536725	MN535631	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 44518 SPAIN, Catalonia, Barcelona, Gava	23/10/2014 T. Melo	under <i>P. pinaster</i>	MN536733	MN535637	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 45534 SPAIN, Catalonia, Lleida, Llimiana	26/10/2014 J. Monton	forest with <i>P. halepensis</i>	MN536728	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)

Tabella 1. Dati sulle collezioni e sequenze utilizzate nelle analisi filogenetiche (cont.).

SPECIE	VOUCHER AREA GEOGRAFICA	DATA DI RACCOLTA LEGIT	HABITAT	GENBANK ACCESS NO.		RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
				nrITS	nrLSU	
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 45821 SPAIN, Teruel, entre Valdelinares y Mosqueruela	16/11/2016 T. Melo	under <i>P. sylvestris</i>	MN536732	MN535636	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 45822 SPAIN, Cuenca, El Cubillo, Ribazo Gordo	11/10/2015 P. P. Daniels	under <i>P. pinea</i> and <i>C. deodara</i>	MN536730	MN535634	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 45851 SPAIN, Huesca, San Saturnino, Rodellar, Bierge	12/10/2015 A. Palazon & L. Rubio Casas	under <i>P. sylvestris</i> and <i>Quercus faginea</i>	MN536720	MN535626	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	AH 45854 SPAIN, Malaga, Montes de Malaga, Las Cantadoras	05/12/2015 P. P. Daniels	under <i>P. halepensis</i>	MN536731	MN535635	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	FR2011155 FRANCE, Vaucluse, Bonnieux	27/11/2011 J.-M. Bellanger	under <i>C. atlantica</i>	MN536735	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	FR2012376 FRANCE, Hérault, Montarnaud	15/11/2012 F. Richard	under <i>P. halepensis</i> and <i>Quercus spp.</i>	MN536716	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	FR2016250 FRANCE	27/10/2002 V. Dumas	under <i>P. halepensis</i> , basic soil	MN536726	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	FR2016709 FRANCE, Cote d'Or, Dijon	13/11/2015 J.-M. Moingeon	under <i>C. atlantica</i>	MN536737	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	JLFA116140 FRANCE, Isère, Mens	01/11/2011 J.-L. Fasciotto	under <i>P. sylvestris</i> and <i>Picea abies</i>	MN536734	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	JMM2015-1030-01 FRANCE, Gard, Mialet	30/10/2015 Jean-Marc Moingeon	under <i>C. atlantica</i>	MN536752	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	ML11118B CYPRUS, Troodos	08/11/2011 M. Loizides	under <i>P. nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i>	MN536718	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	ML410112B CYPRUS, Troodos	21/10/2014 M. Loizides	under <i>P. nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i>	MN536719	–	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis mediterraneensis</i>	PAM13112708 FRANCE, Hérault, Lauret	27/11/2013 P.-A. Moreau	under <i>P. halepensis</i> and <i>Cedrus sp.</i>	MN536727	MN535632	MORENO <i>et al.</i> (2019)
<i>Boletopsis nothofagi</i>	PDD96007 (Holotype) NEW ZEALAND, South Island, St Arnaud	05/11/2010 S. Kerr, P. Leonard 02/05/2011 D. Batchelor, det. J.A. Cooper	<i>Fuscospora fusca</i>	JQ417193	NG_081310	COOPER & LEONARD (2012)
<i>Boletopsis nothofagi</i>	JAC12264 PDD96007 NEW ZEALAND, South Island, St Arnaud	02/05/2011, D. Batchelor, det. P. Leonard	<i>Fuscospora fusca</i>	–	MW683890	COOPER & LEONARD (2012)
<i>Boletopsis perplexa</i>	Holden E150627 (E) UNITED KINGDOM, Scotland	11/04/2001 E. Holden	<i>P. sylvestris</i>	DQ408766	–	WATLING & MILNE (2006)
<i>Boletopsis perplexa</i>	Wat. 28788 (E) Holden 077897 UNITED KINGDOM, Scotland	09/10/2004 E. Holden	<i>P. sylvestris</i>	DQ408767	–	WATLING & MILNE (2006)
<i>Boletopsis sp.</i>	CM107 ALGERIA, M'Sila forest, 50 km NW Oran, 325 asl	07/12/2013 Brahim Salah, det. M. Benazza & C. Billette	<i>Q. suber</i> and <i>P. halepensis</i>	KP826755	–	BENAZZA M., SALAH I., BILLETTE C., FORTAS Z. and SAVOIE J.-M. (2018), Macromycete fungi in semi-arid climate of M'Sila cork oak forest near Oran (Algeria), unpublished

Tabella 1. Dati sulle collezioni e sequenze utilizzate nelle analisi filogenetiche (cont.).

SPECIE	VOUCHER AREA GEOGRAFICA	DATA DI RACCOLTA LEGIT	HABITAT	GENBANK ACCESS NO.		RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
				nrITS	nrLSU	
<i>Boletopsis</i> sp.	TUE000638, soil DNA TURKEY, Meseli	26/03/2015 –	–	UDB01535113	–	TEDERSOO L. <i>et al.</i> Global soil samples (2015), unpublished
<i>Boletopsis</i> sp.	TUF116418 ITALY, Sicily, Pantelleria, Montagna Grande	21/11/2013 L. Tedersoo	–	UDB014981	–	TEDERSOO (2013) Pantelleria, unpublished
<i>Boletopsis</i> sp.	TUF116745 MOROCCO, Al-Hoceima	09/12/2014 L. Tedersoo	<i>P. pinaster</i>	UDB025522	–	TEDERSOO (2014) Morocco, unpublished
<i>Boletopsis</i> sp. HZ 2021b	Dai 22172 CHINA, Liaoning	– –	<i>Pinus</i>	OL673011	OL672998	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis</i> sp. Rec227649	Rec227649 (E) USA, Washington, Wind River	01/10/2004 G. Pinchot	–	EF457898	–	WATLING & MILNE (2008)
<i>Boletopsis</i> <i>subsquamosa</i>	SMI350 CANADA, British Columbia, Smithers	– –	<i>Pinus contorta</i> , <i>Abies lasiocarpa</i> and <i>Picea glauca</i> × <i>englemanni</i> forest	FJ845401	–	KRANABETTER <i>et al.</i> (2009)
<i>Boletopsis</i> <i>tibetana</i>	Dai 20896 BJFC 032554 (Holotype) CHINA, Tibet	23/08/2019 –	<i>Picea balfouriana</i>	OL673013	NG_149025	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Boletopsis</i> <i>tibetana</i>	Dai 20897 CHINA, Tibet	23/08/2019 –	<i>P. balfouriana</i>	OL673012	OL672999	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Sarcodon</i> <i>imbricatus</i>	Dai 20314 CHINA	– –	–	OL678542	OL676807	ZHOU H.-M. <i>et al.</i> (2022)
<i>Sarcodon</i> <i>imbricatus</i>	NIFoS1676 –	– –	–	MF421106	–	KANG, J.A., KIM, S.H. and KAK.H. (2018) Characterization of the Mycelial Growth of Domestically Collected Ectomycorrhizal Fungi under the Influence of Environmental Factors
uncultured <i>Boletopsis</i> clone 1_61P4 18S	JQ393031, mycorrhizal root tip, environmental sample USA, Oregon, Ashland	2011 –	<i>Arbutus menziesii</i>	JQ393031	–	KENNEDY <i>et al.</i> (2012)
uncultured ECM fungus TK3089F	AY702767, ectomycorrhizal root tip USA, California, Sierra National Forest	– –	Mixed-conifer forest, <i>Abies</i> concolor, <i>A. magnifica</i> , <i>Pinus jeffreyi</i> and <i>P. lambertiana</i>	AY702767	–	IZZO <i>et al.</i> (2005)

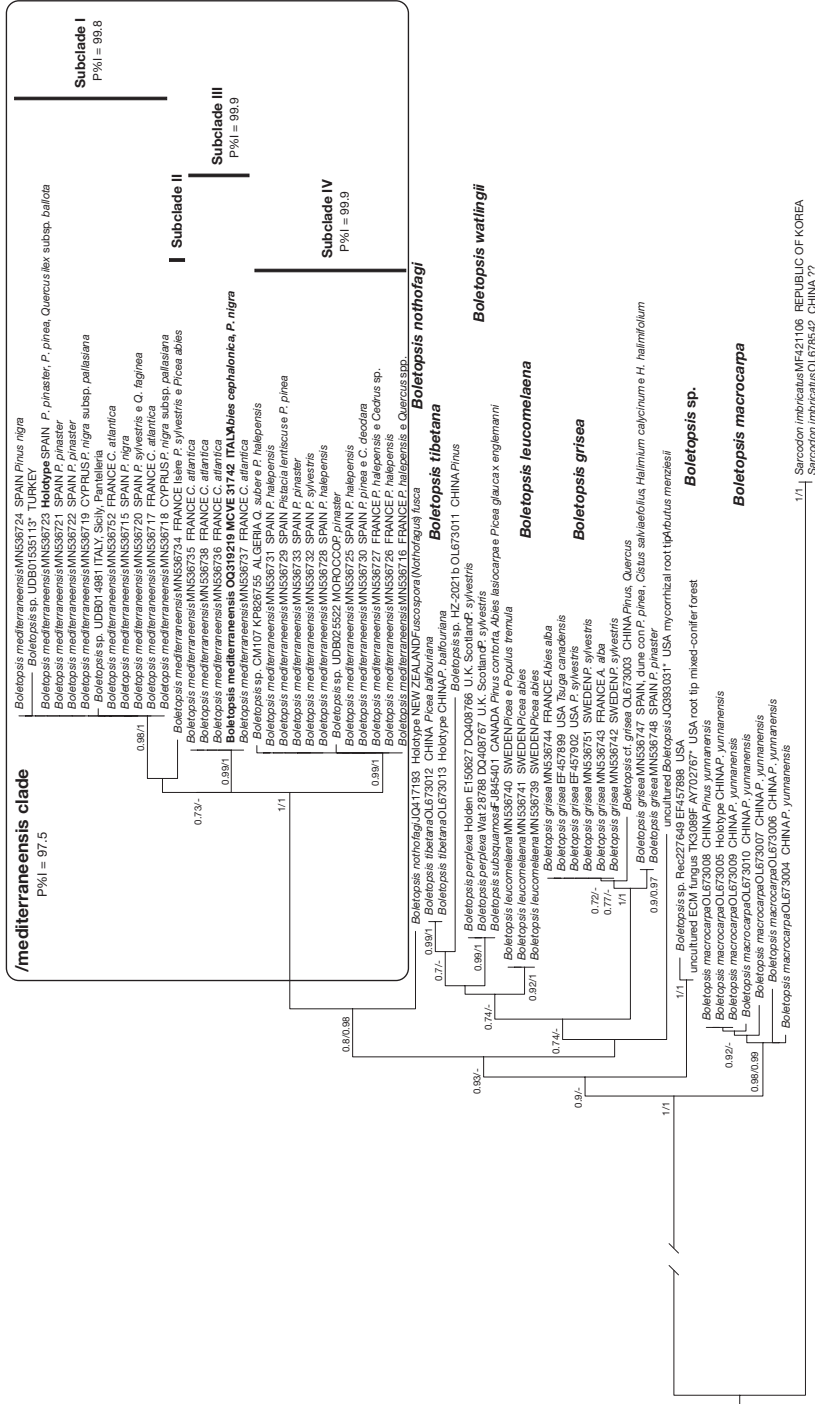


Fig. 1. Albero filogenetico di Maximum Likelihood per l'analisi di nrITS. I valori di supporto bootstrap (MLB 0,70) e di probabilità a posteriori bayesiana (BPP 0,90) sono mostrati sopra i rami supportati. *Sarcodon imbricatus* MF421106 e *S. imbricatus* OLF678542 sono stati utilizzati come outgroup taxa. In grassetto la sequenza di *B. mediterraneensis* prodotta in questo studio. (*) indica le sequenze ambientali (da campioni di terreno o apici ectomicorrizzati).

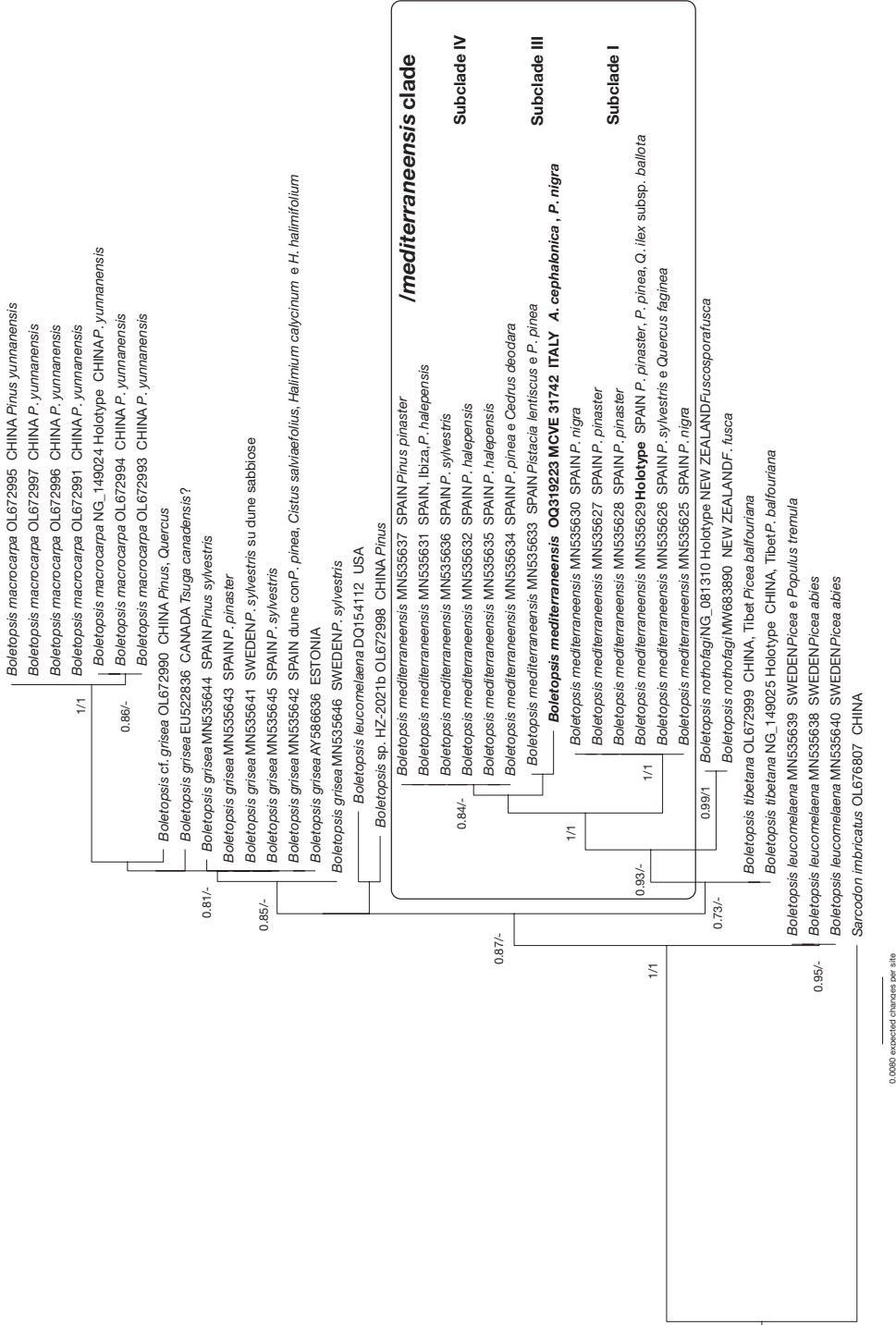


Fig. 2. Albero filogenetico di Maximum Likelihood per l'analisi di nrLSU. I valori di supporto bootstrap (MLB.0.70) e di probabilità a posteriori bayesiana (BPP 0.90) sono mostrati sopra i rami supportati. *Sarcodon imbricatus* OL676807 è stato utilizzato come outgroup taxon. In grassetto la sequenza di *B. mediterraneensis* prodotta in questo studio.



Fig. 3. Albero filogenetico di Maximum Likelihood per l'analisi combinata nrITS + nrLSU. I valori di supporto bootstrap (MLB 0,70) e di probabilità a posteriori bayesiana (BPP 0,90) sono mostrati sopra i rami supportati. *Sarcodon imbricatus* voucher Dai 20314 e *S. imbricatus* voucher NIFoS1676 sono stati utilizzati come outgroup taxa. In grassetto la sequenza di *B. mediterraneensis* prodotta in questo studio. (*) corrisponde ai taxa/voucher per cui è stata reperita la sola sequenza nrITS, (**) per quelle in cui è stata reperita la sola sequenza nrLSU. In entrambi i casi, sono riportati tra parentesi gli accession number GenBank corrispondenti.

nrITS, nrLSU e il dataset combinato nrITS+nrLSU. *Sarcodon imbricatus* voucher Dai 20314 e *S. imbricatus* voucher NIFo51676 sono stati utilizzati come outgroup per le analisi del dataset nrITS e il dataset combinato nrITS+nrLSU, mentre *S. imbricatus* voucher Dai 20314 per il solo dataset nrLSU (vedi **Tabella 1**), secondo ZHOU H.-M. *et al.* (2022).

Le analisi di Maximum Likelihood sono state condotte con l'utilizzo del software RAXML-NG v. 1.0.1 (Kozlov *et al.*, 2019), utilizzando il modello evolutivo TrN+G (dataset ITS) e TIM2+I+G, con 1000 repliche di bootstrap (FELSENSTEIN 1985) per la validazione statistica dei nodi dell'albero. Seed number 688727.

Le analisi di Inferenza Bayesiana sono state svolte tramite l'uso di catene Monte Carlo Markov (MCMC) e l'uso del software MrBayes 3.1.2 (HUELSENBECK & RONQUIST 2001). Quattro catene MCMC simultanee incrementali sono state eseguite su 10 milioni di generazioni. Gli alberi sono stati campionati ogni 1000 generazioni, risultando in un campionamento complessivo di 10.001 alberi. I primi 2500 alberi sono stati scartati come "burn-in" (25%). Il valore di "burn-in" è stato valutato utilizzando Tracer 1.5 (RAMBAUT & DRUMMOND 2007). Per gli alberi rimanenti è stato calcolato un albero di consenso "majority rule" che mostra tutte le partizioni compatibili per ottenere stime per le probabilità posteriori bayesiane (BPP). Le lunghezze dei rami sono state stimate come valori medi sugli alberi campionati. I valori di supporto dei nodi (bootstrap -MLB- e probabilità posteriori bayesiane -BPP-) sono visualizzati sugli alberi filogenetici (**Figg. 1-3**), con le soglie MLB > 0.70 e BPP > 0.9. I valori di Pairwise % identity a coppie/gruppi per le sequenze nrITS del complesso *B. mediterraneensis* sono stati calcolati utilizzando Geneious R11.1.5 (<https://www.geneious.com>).

Risultati molecolari

In questo studio sono state generate un totale di 2 sequenze, una nrITS e una nrLSU da *B. mediterraneensis* voucher MCVE 31742 (**Tabella 1**). Le sequenze sono state registrate in GenBank con i numeri di accesso OQ319219 e OQ319223 per la sequenza di nrITS e nrLSU rispettivamente. L'allineamento nrITS ha prodotto una matrice di 736 caratteri e 61 taxa, con 46,1% di siti variabili (57 da GenBank, 3 da UNITE, 1 prodotta in questo studio), mentre l'allineamento nrLSU ha prodotto una matrice di 837 caratteri e 40 taxa, con 12,1% di siti variabili (39 da GenBank, 1 prodotta in questo studio). Il dataset combinato (nrITS + nrLSU) ha prodotto una matrice di 1573 caratteri e 68 taxa (**Tabella 1**).

Entrambe le analisi ML e BI hanno prodotto le stesse topologie dei principali cladi riscontrati in questo lavoro e in MORENO *et al.* (2019) e ZHOU H.-M. *et al.* (2022), pertanto solo l'albero ML con i valori MLB e BPP è mostrato nelle **Figg. 1-3**, in accordo con gli autori precedenti.

Le nostre analisi filogenetiche molecolari appaiono congruenti con quelle di MORENO *et al.* (2019) e ZHOU H.-M. *et al.* (2022) con il riconoscimento di sette specie a livello molecolare.

Le analisi filogenetiche delle sequenze nrITS e nrITS/nrLSU combinate (**Figg. 1-3**) mostrano che all'interno di *B. mediterraneensis* è possibile individuare quattro gruppi, qui denominati subcladi I-IV. L'insieme dei quattro subcladi costituisce il /*mediterraneensis* clade (MLB = 1 e BPP = 1 in entrambe le analisi), definibile anche come *B. mediterraneensis* complex o *B. mediterraneensis* s. l. Nell'analisi nrLSU sono evidenziabili solamente i subcladi I, III-IV (**Fig. 2**) in quanto non sono presenti in GB sequenze nrLSU per il clade II.

Per quanto riguarda le sequenze nrITS, l'intero /*mediterraneensis* clade presenta un valore di Pairwise identity = 99.8%; il subclade I, costituito da 12 sequenze (incluso l'holotype), Pairwise identity = 99.8%; il subclade II è costituito da un'unica sequenza; il subclade III, costituito da 5 sequenze (include quella della raccolta laziale), Pairwise identity = 99.9%; subclade IV, costituito da 12 sequenze, Pairwise identity = 99.9%.

TASSONOMIA

Boletopsis mediterraneensis G. Moreno, Carlavilla, Bellanger, Olariaga, P.-A. Moreau, Bidaud, Loizides & Manjón, in Crous et al., *Persoonia* 43: 341 (2019)

= *Boletopsis* cf. *grisea* sensu Bidaud (2009)

= *Boletopsis* sp. sensu Robin (2015)

Descrizione macroscopica (Foto 1-2)

Pileo 5-20 cm, da convesso a quasi appianato con margine involuto multilobato a maturità; superficie asciutta e con fibrille innate, nel giovane tende a maturità a frammentarsi dal centro fino a metà raggio in piccole squamette appressate; il colore è bruno o grigio-brunastro non uniforme, più chiaro negli esemplari maturi, in alcuni casi si notano toni anche bruno-rossastri, alla pressione la superficie imbrunisce, la parte trattata con il KOH al 5% diventa verde molto scuro (**Foto 2**), quasi nerastro all'apparenza.

Pori piccoli, 1-3 per mm, tondeggianti negli esemplari giovani, ma che acquistano tendenzialmente una forma allungata negli esemplari maturi, biancastri, imbrunenti alla pressione, reagenti al verde con KOH 5%.

Tubuli molto corti, fino a 4 mm, biancastri, poi grigiastri, decorrenti per lungo tratto.

Stipite 2,5-4 × 1,2-3 cm, centrale, corto, cilindrico, consistente, attenuato alla base, molto fibrilloso, di colore brunastro, ma grigiastro chiaro in alto.

Carne biancastra, virante subito al rosa nel pileo e alla base dello stipite, grigio-verdastra nell'essiccato, odore non significativo, sapore non testato; vira al verde con KOH al 5% (**Foto 2**).

Sporata non ottenuta (da incolore a giallo pallida, pallido ocreacea secondo MORENO *et al.* 2019 e BERNICCHIA & GORJÓN 2000).

Descrizione microscopica (Foto 3-48)

Imenio ed imenoforo

La struttura imeniale è particolarmente complessa.

Spore Misurano (3,5) 4,4(± 0,594)5,0-6,1 (7,8) × (3) 3,5-(± 0,531)4,3-5,2 (6,1) μm, Q = 1,2 (± 0,153), V = 49,8 (± 16,1) (n = 32), inamiloidi, non destrinoidi, costituite da una parte centrale a contorni netti che può assumere forme da decisamente circolare a largamente ellissoidale, sono di colore scuro, rifrangenti, circondate da tubercoli irregolarmente frastagliati, alti 0,4-1,3 μm, biancastri, con margine brunastro; non presentano un apiculo evidente (**Foto 3-6**).

Basidi Nella loro generalità sono polimorfici e variano da una forma ventricosa [tipo quello dell'orifizio porale apparentemente ancora immaturo (**Foto 13**)] a una forma cilindrica o flessuosa (**Foto 10, 12**), con peduncolo più o meno lungo, e a una forma clavata (**Foto 7, 11**). Sono tutti di tipo intercalare, formano dei grappoli (clusters) (**Foto 13-14**), nascono da una sola ifa generatrice, misurano 17-25 × 7-9 μm e sono pluriguttulati, con guttule ad alto indice di rifrazione, a contenuto lipidico. Qualche basidio è presente anche nel punto di giunzione tra tubuli decorrenti e apice dello stipite (caulobasidi?). Riguardo alle misure occorre far notare che per la scarsità di basidi rilevati, in particolare quelli dell'orifizio porale, tenuto conto della loro difformità, non è stato possibile valutare se ci fosse differenza nelle dimensioni tra questi ultimi e quelli delle pareti dei tubuli. In generale i basidi sono presenti prevalentemente sotto forma bisporica, poi in forma quadrisporica e monosporica e rarissimi in forma trisporica (**Foto 7-13**). La misura degli sterigmi varia da 3 a 9,6 μm.

Basidioli Nella parte apicale dei tubuli in corrispondenza dell'orifizio porale, oltre ai basidi, sono presenti elementi sterili, pluriguttulati, con guttule rifrangenti, interpretabili come basidioli (**Foto 12-13, 15-16**), provvisti di un peduncolo e di un capitolo, il quale misura in larghezza da 3 a 8,7 μm e in lunghezza da 30 a 18 μm circa, ed è anche, a volte, posto ad angolo retto rispetto alla struttura portante. Se si guardano le pareti interne dei tubuli, pleura, si osservano altre strutture sterili, pluriguttulate, con guttule rifrangenti, a contenuto lipidico e citoplasma brunastro, ma anche strutture simili, sempre a contenuto brunastro, più o meno prive di guttule, di dimensioni a 17,4-30,4 \times 5,2-7,8 μm , da cilindriche e clavate a regolari o flessuose, individuabili, anch'esse, come basidioli (**Foto 14, 19-20**). Questi due tipi di strutture appaiono diverse, per morfologia, dai basidioli sopradescritti, posti all'apice dei tubuli.

Elementi sterili (non basidioli) Nella zona apicale dei tubuli, frammisti ai basidi e basidioli già descritti, si notano elementi sterili di natura apparentemente cistidioide, privi di guttule, posti al termine delle ife, di forma cilindrica e affusolata, anche vagamente moniliforme, e talvolta con un apice leggermente rigonfio, che misurano 30-43,5 \times 2-3 (**Foto 21-23**). Riguardo a questi ultimi elementi in letteratura si osserva che WATLING & MILNE (2006), nel loro lavoro su *Boletopsis perplexa*, descrivono elementi sterili dell'orifizio porale, che appaiono simili a quelli osservati in questa sede e li chiamano "*Cystidioid elements in orifice*". Anche ZHOU H.-M. *et al.* (2022) in un articolo su nuove specie dalla Cina, in particolare *B. tibetana*, descrivono elementi simili, ma li interpretano come semplici basidioli. Numerose osservazioni del tessuto imeniale, con riguardo alla pleura dei tubuli, hanno consentito di accertare la presenza di alcune cellule sterili, mucronate, a forma di birillo o capitulate, di dimensioni 17,4 \times 30-6,1 \times 9,6, attribuibili a pleurocistidi, in quanto tale morfologia li rende facilmente distinguibili dai basidioli (**Foto 24-26**). Nello stesso luogo sono state osservate numerose strutture sterili aventi una natura di difficile valutazione che potrebbero essere interpretate sia come basidioli in formazione che forme cistidioidi (**Foto 27**). Elementi analoghi ai citati pleurocistidi sono risultati, presenti in maggior quantità a seguito dell'esame di un prelievo effettuato nella parte alta dello stipite, proprio a ridosso del limite estremo tra la fine dei tubuli decorrenti e l'inizio della stipitipellis. Essi hanno una morfologia a forma di birillo, sono strangolati, di dimensione 20-25 \times 3,5-4,5 μm , e sono accostati, in una sorta di palizzata, ad altre formazioni, delle quali alcune sono sicuramente basidioli, altre, più o meno cilindriche, forse elementi di natura cistidioide (**Foto 28-30**). Per la loro collocazione potrebbero essere interpretati sia come residui estremi del tessuto imeniale (imenocistidi) che come caulocistidi. Con riferimento a quest'ultima rilevazione si osserva che Watling & Milne (2006), nel già citato lavoro, segnalano per la loro specie la presenza di elementi sterili nella parte alta dello stipite e li chiamano "*Cystidioid elements at stipe-apex*", che potrebbero essere sovrapponibili agli elementi sterili trovati nelle collezioni laziali a livello del punto di contatto tra tubuli decorrenti ed apice dello stipite.

Struttura delle ife

Sistema ifale Monomitico. La trama della parte apicale dei tubuli è composta da ife sottili subparallele di diametro intorno a 1,7 μm , generalmente ialine, che sono di supporto, nella parte terminale, a basidi, a basidioli e a elementi cistidioidi dell'orifizio porale (**Foto 31**). La trama, invece, della parte interna dei tubuli (pleura), è composta da ife subparallele, ma anche intrecciate, con brevi ramificazioni, a parete spessa circa 1 μm , plurisetate, di forma generalmente cilindrica, aventi un diametro leggermente maggiore, pari a 3,6 μm (**Foto 32**).

Pileipellis La trama della suprapellis (**Foto 33-34**) e della subpellis (**Foto 35**) è costituita da un sistema di ife intrecciate, per lungo tratto cilindriche, plurisetate, anche rigonfie ai setti, a diametro variabile 6-20 μm , a parete spessa 1 μm , ialine, simili tra loro. I loro terminali hanno una morfologia variabile. Si hanno terminali cilindrici ad apice arrotondato, misuranti mediamente 52,2-156,6 \times 6-14 μm (**Foto 36**), e terminali, collocati prevalentemente nella suprapellis, voluminosi,



Foto 1. *Boletopsis mediterraneensis* in habitat.

Foto di Luigi Perrone

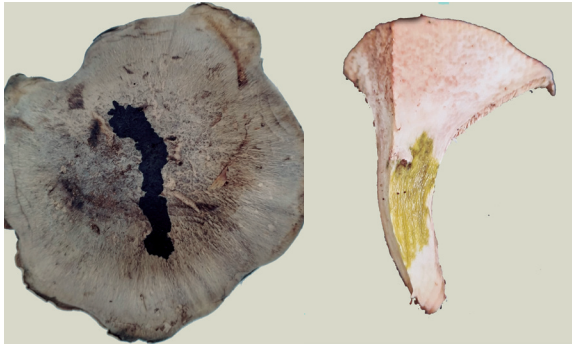


Foto 2. *B. mediterraneensis*. Reazione al KOH 5% della superficie del pileo e della carne.

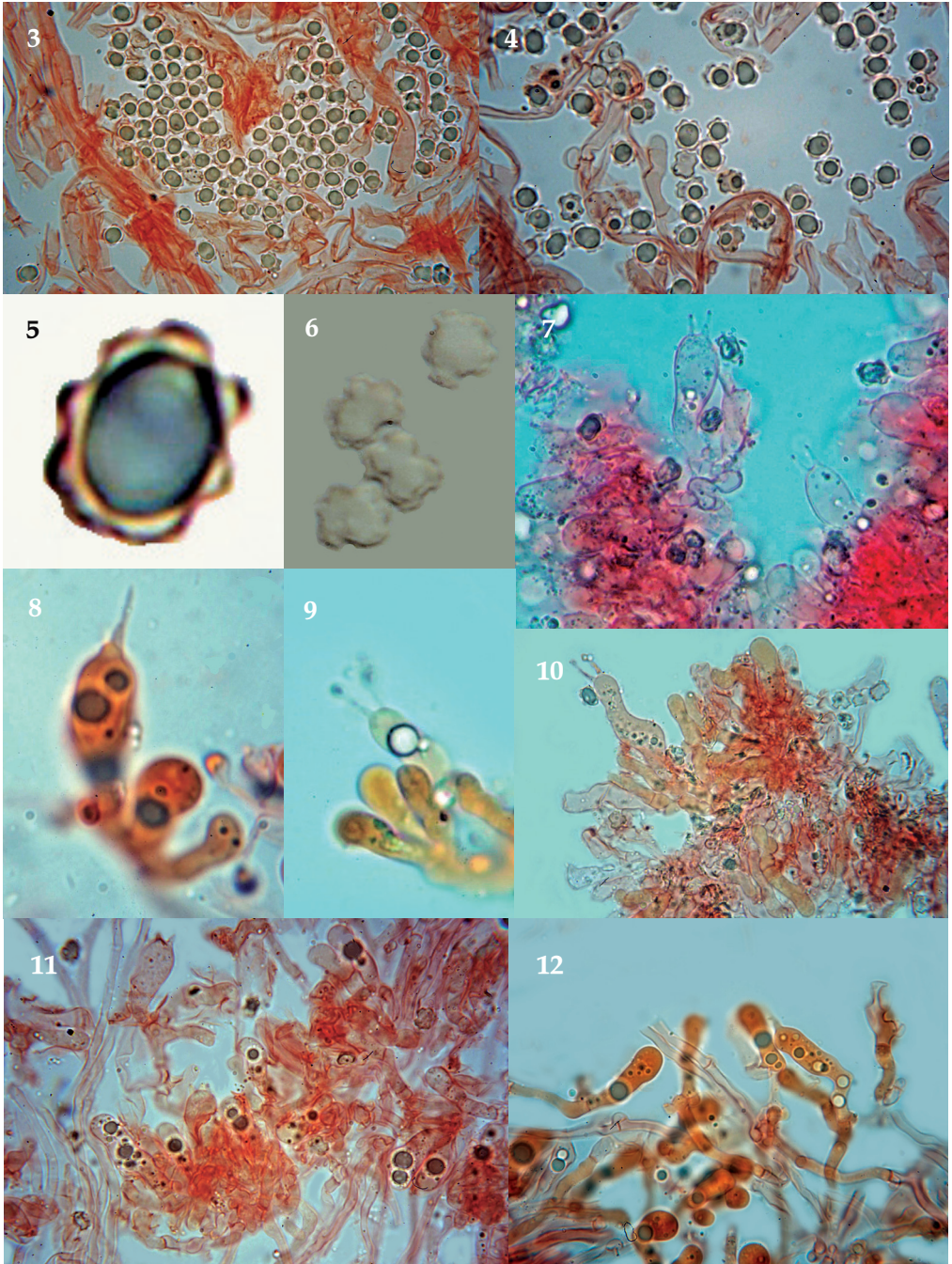
Foto di Luigi Perrone

rigonfi, di forma ampiamente clavata, ellissoidale, ovoidale e anche mucronata, misuranti $98,3-260 \times 21,7-36,5 \mu\text{m}$ (Foto 37-41). Sono presenti, ma rarissimi, dei pileocistidi (Foto 42).

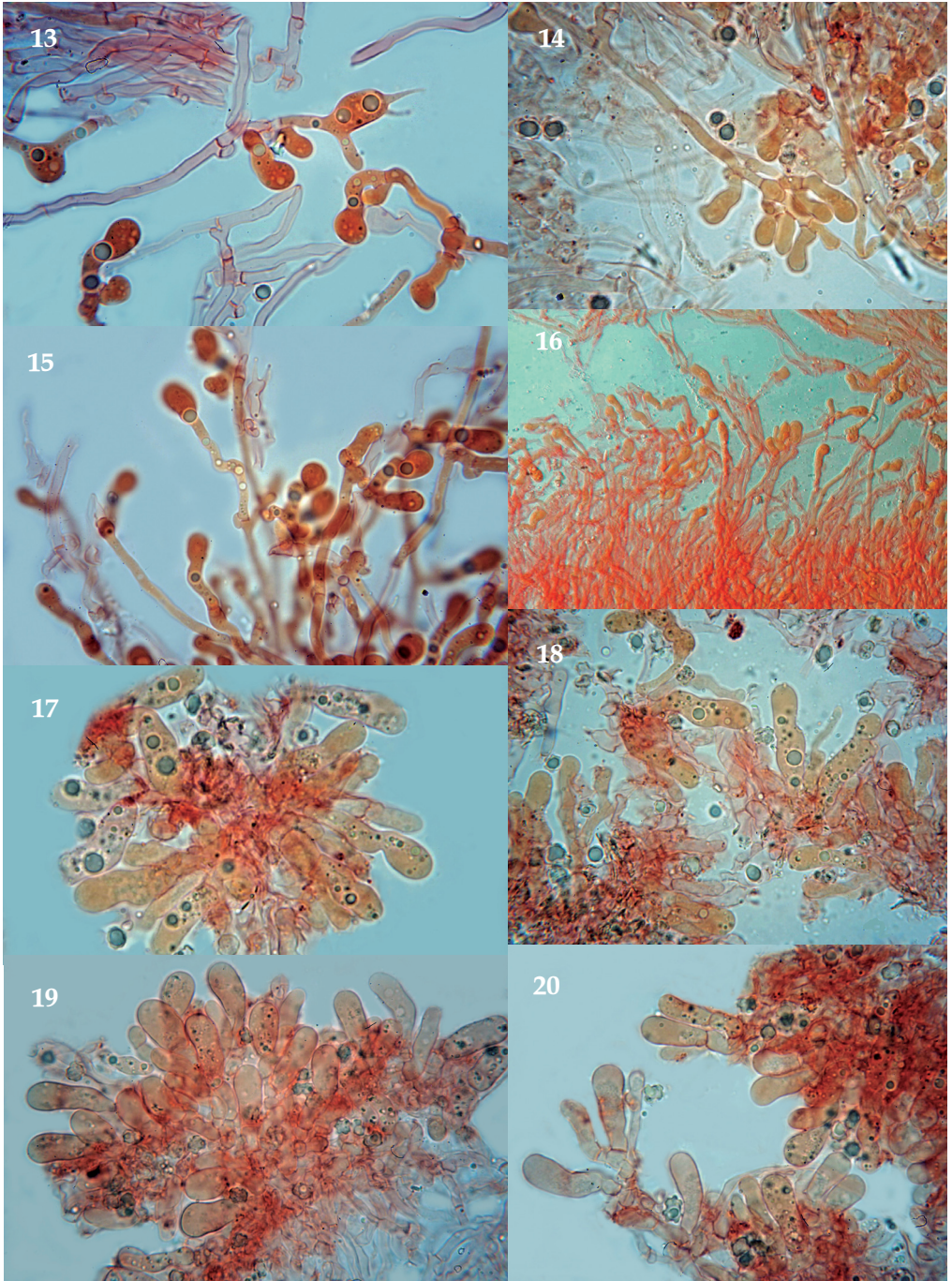
Stipitipellis e stipititrama La trama del tessuto collocato nella parte di congiunzione tra la superficie dello stipite e la parte terminale dell'imenio decorrente (Foto 43), è costituita da ife cilindriche, plurisetate, intrecciate, ramificate, ialine, ma a contenuto talvolta composto da tratti di citoplasma brunastro chiaro, a parete

spessa $1 \mu\text{m}$, con terminali, anch'essi cilindrici e ad apice arrotondato o rigonfio, che misurano mediamente $54,8-152,2 \times 7-12,2 \mu\text{m}$ (Foto 44). Nella parte mediana dello stipite le ife si presentano, invece, con un diametro generalmente inferiore pari a $3,5-8,7 \mu\text{m}$, sono a parete spessa $1 \mu\text{m}$ (Foto 45), e hanno terminali ad apice arrotondato o leggermente rigonfio, misuranti $33-70 \times 2,6-5,2 \mu\text{m}$ (Foto 46). Sono presenti, altresì, degli elementi più corti, generalmente cilindrici, di dimensione $13-30,4 \times 3,5-4,3 \mu\text{m}$, non accostabili ad elementi cistidioidi, ma individuabili come semplici ramificazioni ifali (Foto 47).

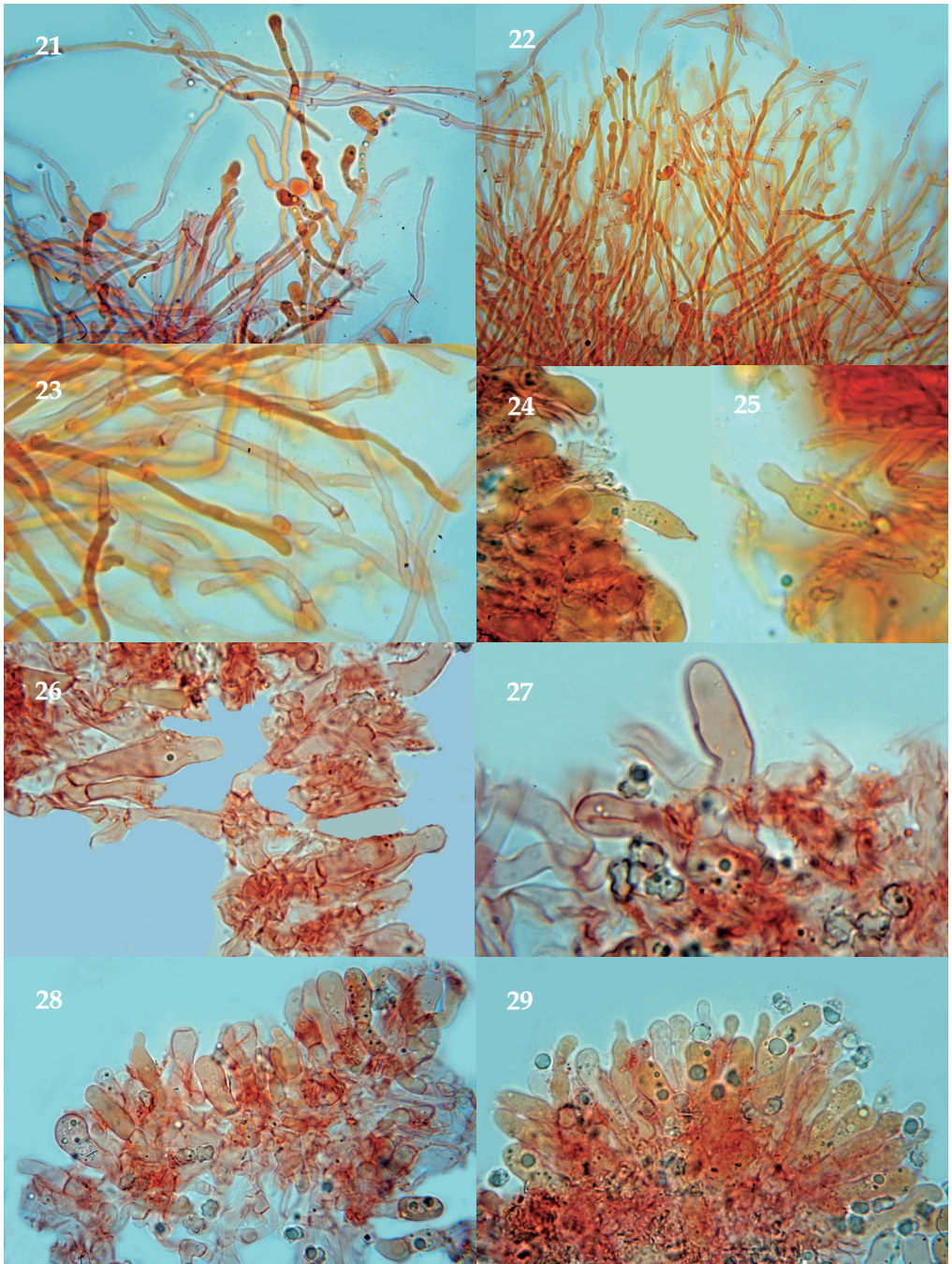
Unioni a fibbia numerosissime in tutti i tessuti, sia di tipo comune (chiuse) che a forma di medaglione (Foto 48).



B. mediterraneensis. Foto 3-6. Spore; 7. Basidi bisporici (pleura); 8. Basidio monosporico (orifizio porale); 9. Basidio quadrisporico (pleura); 10. Basidio trisporico (caulobasidio?) (zona interposta tra imenio decorrente e stipite); 11. Basidi clavati e basidioli della pleura; 12-13. Basidio e basidioli dell'orifizio porale. Tutti i preparati sono in RCA, tranne la foto 6 che è in KOH 5% con luce radente, e a 1000 \times .
Foto di Luigi Perrone e Mariano Curti

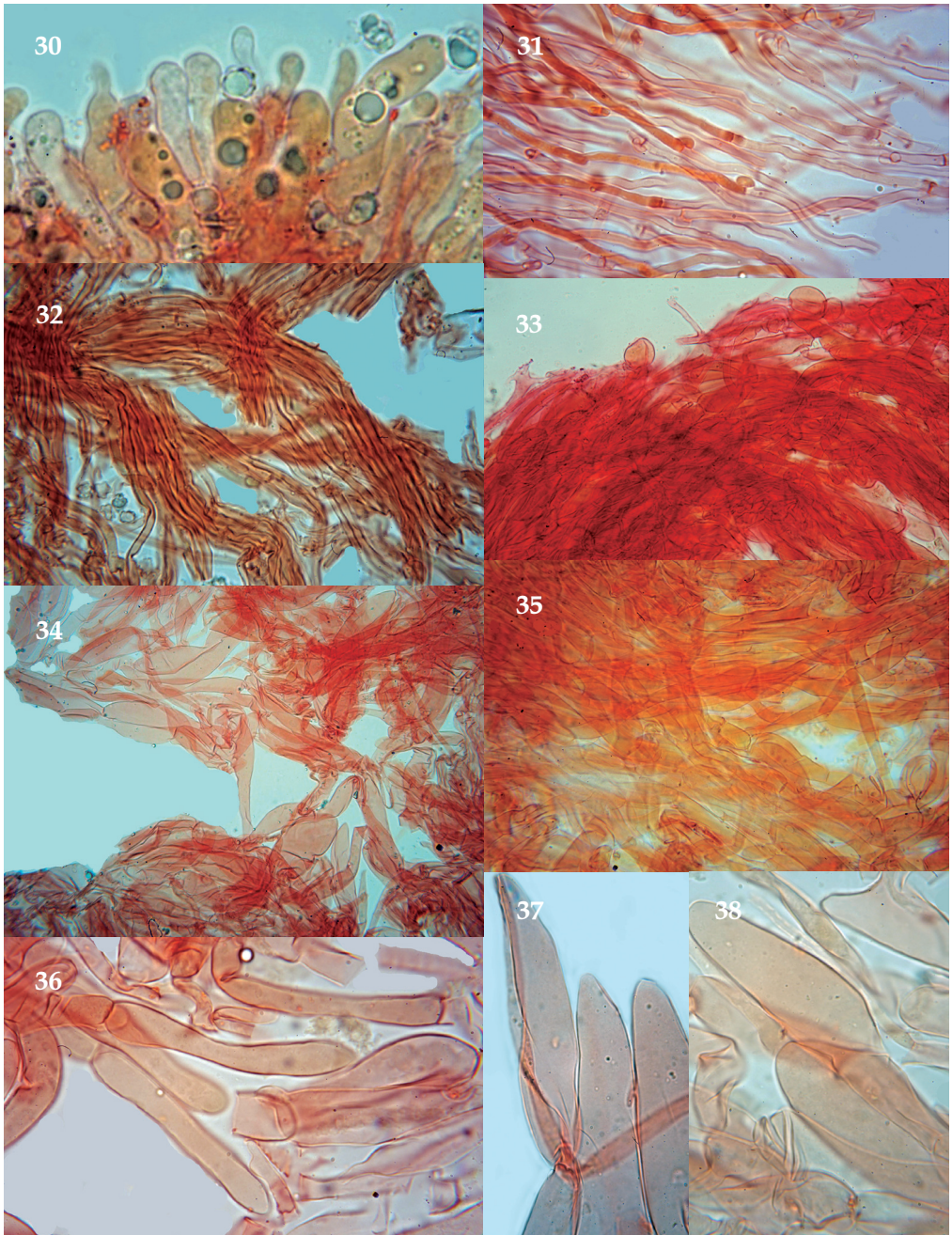


B. mediterraneensis. Foto 13-16. Basidioli dell'orifizio porale (1000×) tranne la 16 a luce radente (250×); 13-14. Esempi di cellule di tipo intercalare che formano dei grappoli (clusters); 17-20. Basidioli della pleura (1000×). Tutti i preparati sono in RCA.
Foto di Luigi Perrone e Mariano Curti



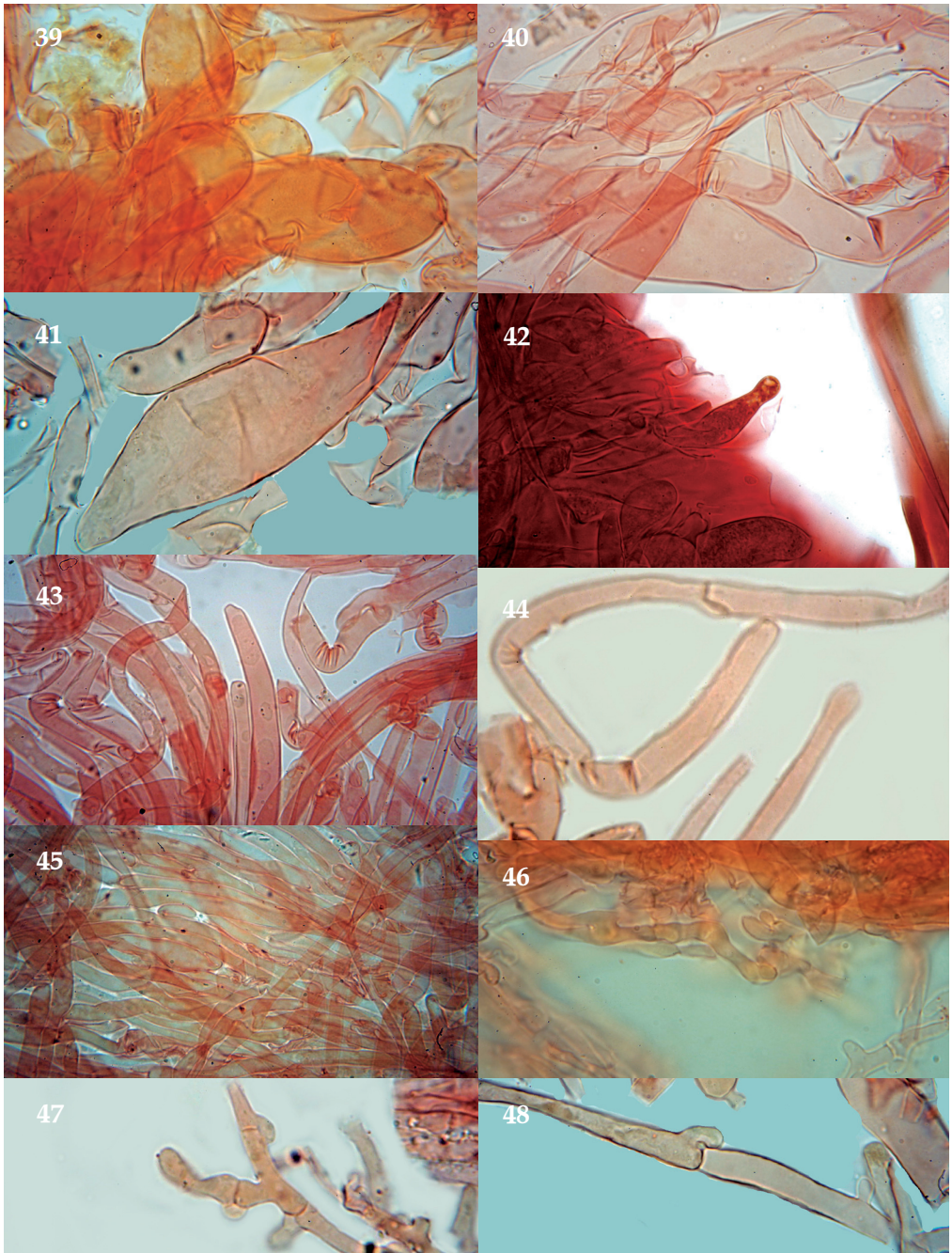
B. mediterraneensis. Foto 21-23. Elementi sterili cistidioidi dell'orifizio porale. 24-26. Pleurocistidi dell'imenio in senso stretto; 27. Elemento sterile dell'imenio di dubbia valutazione; 28-29. Elementi di natura cistidioidi a forma di birillo, strangolati, e altre formazioni di dubbia valutazione, unitamente a basidioli, della zona interposta tra stipite e tubuli decorrenti. Tutti i preparati sono in RCA e a 1000×.

Foto di Luigi Perrone e Mariano Curti



B. mediterraneensis. **Foto 30.** Elementi di natura cistidioide a forma di birillo, strangolati, e altre formazioni di dubbia valutazione, unitamente a basidioli, della zona interposta tra stipite e tubuli decorrenti.; **31.** Trama dell'imenio della parte apicale dei tubuli; **32.** Trama dell'imenio delle pareti dei tubuli; **Foto 33-34.** Trama della suprapellis; **35.** Trama della subpellis; **36.** Terminali delle ife a diametro minore della subpellis e di parte della suprapellis; **37-38.** Terminali delle ife a diametro maggiore della suprapellis. Tutti i preparati sono in RCA e a 1000× tranne la 32 e la 34 a 400× e la 33 a 250×.

Foto di Luigi Perrone e Mariano Curti



B. mediterraneensis. Foto 39-41. Terminali delle ife a diametro maggiore della suprapellis; 42. Pileocistidio; 43. Trama del tessuto interposto tra la superficie dello stipite e la parte terminale dell'imenio decorrente; 44. Terminali del tessuto precedente; 45. Trama della parte mediana dello stipite; 46. Ifa terminale della trama mediana dello stipite; 47. Ramificazione della trama dello stipite; 48. Unione a fibbia a medaglione. Tutti i preparati sono in RCA e a 1000× tranne la 46 a 400×.

Foto di Luigi Perrone e Mariano Curti

Habitat conifere miste da impianto composte principalmente da *Abies cephalonica* e *Pinus nigra* e in minor parte da *Picea abies*.

Raccolte studiate Italia, Lazio, Comune di Pozzaglia Sabina (RI), rimboschimento in località Colle Piano, su terreno calcareo, 1000 m s.l.m., latit. 42° 9' 34" N / long. 12° 57' 54" E, il 19.10.2022, tre esemplari, leg. L. Perrone, M. Curti e M. Cittadini (MCVE 31742); GB acc. n. sequenza nrITS OQ319219; GB acc. n. sequenza nrLSU OQ319223; *ibidem* il 20.10.2022, tre esemplari, leg. M. Curti, in erbario degli autori.

Discussione

Note su *B. mediterraneensis* e sua distribuzione

Boletopsis mediterraneensis è una specie vicina morfologicamente a *B. grisea* (vedi confronto più sotto e MORENO *et al.* 2019; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020) contraddistinta da un pileo di color grigio, bruno, ocraceo bruno, bruno violaceo, talvolta con sfumature rosate, carne che diventa distintamente rosa al taglio e poi inverdente con l'essiccazione, reazione al KOH verde smeraldo su pori e carne, verde scuro (quasi nerastro) sulla superficie pileica, e distribuzione prevalentemente mediterranea, in boschi con *Pinus* spp. (*P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton, *P. halepensis* Mill., *P. nigra* J.F. Arnold), *Cedrus* spp. [*C. atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière, *C. deodara* (Roxb. ex (D. Don) G. Don)], *Quercus* spp. (*Q. ilex* L., *Q. suber* L., *Q. faginea* Lam.) (**Figg. 1-3, Tabella 1**); BIDAUD 2009, come *B. cf. grisea*; FASCIOTTO 2012, come *B. grisea*; ROBIN 2015, come *Boletopsis* sp.; MORENO *et al.* 2019; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020; SIQUIER *et al.* 2020); più raramente è rinvenibile in boschi con *P. sylvestris* L. o *P. sylvestris* e *Q. faginea* (Aragona, Spagna, MORENO *et al.* 2019) e *P. sylvestris* e *Picea abies* (L.) H. Karst. (Isère, Francia, FASCIOTTO 2012). Le raccolte laziali, effettuate in un rimboschimento, introdurrebbero come partner simbiotico anche *Abies cephalonica* Loud., specie originaria della Grecia (penisola ed isole) con ambiente di crescita simile a quello di *A. alba* Mill. ma in aree più aride e asciutte, unitamente a *P. nigra*.

La specie è stata istituita su base morfologica e molecolare analizzando collezioni francesi, spagnole e cipriote (MORENO *et al.* 2019). BERNICCHIA & GORJÓN (2020) hanno successivamente segnalato la sua presenza anche in Italia ma senza indicare gli estremi delle raccolte analizzate e delle eventuali sequenze di conferma. La foto di *B. mediterraneensis* presentata nel loro libro a corredo iconografico è di M. Carbone ed illustra una raccolta toscana di una cipresseta di Sant'Agnese, Castellina in Chianti (Siena), con *Cupressus sempervirens* L., *Pinus halepensis* Mill. subsp. *brutia* (Ten.) Holmboe, *Q. ilex* e *Cistus* spp. (M. CARBONE, com. pers.). A nostra conoscenza, il primo a rendersi conto dell'esistenza di una nuova entità gravitante attorno a *B. grisea* è stato Bidaud che, in un articolo dedicato allo studio di raccolte francesi da lui effettuate nel 2006, riporta come *B. cf. grisea* una collezione avvenuta a 700 m di altezza, sotto *Cedrus atlantica* (Bonnieux, dipartimento Vaucluse della regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra), caratterizzata da pileo bruno vinoso, reazioni al verde col KOH su pileo, pori e carne, costituendo quindi, a suo dire, un'entità sicuramente non attribuibile alla tipica *B. grisea* delle foreste nordeuropee di conifere (BIDAUD 2009). Questa raccolta è stata inserita da ROBIN (2015) come *Boletopsis* sp. nella sua sinossi e chiave delle specie europee di *Boletopsis* riproponendo per essa la foto di Bidaud già pubblicata nel 2009. Successivamente è stata sequenziata in MORENO *et al.* (2019) (fungario AB 06-10-343, GB nrITS acc. n. MN536717; vedi anche **Figg. 1, 3 e Tabella 1**). La collezione francese di Mens (Isère), 800 m di altezza, in bosco con *P. sylvestris* e *Picea abies* (FASCIOTTO 2012) originariamente identificata come *B. grisea* (fungario JLFA116140) e poi validata molecolarmente come *B. mediterraneensis* in MORENO *et al.* (2019) (GB nrITS acc. n. MN536734; vedi anche **Figg. 1, 3 e Tabella 1**), costituisce la segnalazione più "montana" di *B. mediterraneensis*.

Secondo il nostro parere e seguendo le indicazioni di altri autori (MORENO *et al.* 2019; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020; SIQUIER *et al.* 2020), le segnalazioni mediterranee

attribuite a *B. leucomelaena* (es. SIQUIER & SALOM 2013) e *B. grisea* (es. LLISTOSELLA & AGUASCA 1990; BERNICCHIA & BERTUCCI 1995; BORGARINO & HURTADO 2001, 2005; MELIS *et al.* 2017, SIQUIER *et al.* 2019; la raccolta con *Arbutus unedo* L., *Q. cerris* L. ed *Erica arborea* L. in BERNICCHIA 2005, che fa riferimento a quella in BERNICCHIA & BERTUCCI 1995), sarebbero da ricondurre a *B. mediterraneensis* e dovrebbero essere analizzate su base molecolare. In una nota al fondo di pag. 24 della *Flore des Champignons superieurs du Maroc* (vol. 1) Malençon & Bertault (1970), tra le specie caratterizzanti le cedrete (*C. atlantica*) della città berbera di Azrou all'interno del Medio Atlante, hanno riportato una "*Boletopsis leucogrisea* (?)" (*nomen nudum*) che dato l'habitat e il partner fotobionte sembrerebbe essere sovrapponibile di nuovo a *B. mediterraneensis*.

Le nostre analisi filogenetiche (Figg. 1-3) hanno messo in evidenza all'interno di *B. mediterraneensis* un'estrema eterogeneità molecolare, riconoscendo in essa quattro subcladi (I-IV), già precedentemente individuati da MORENO *et al.* (2019) e solo parzialmente da ZHOU H.-M. *et al.* (2002); gli autori cinesi ne individuano solo due perchè nella loro analisi hanno selezionato solo poche sequenze di *B. mediterraneensis*. Poiché non è stato ancora possibile individuare un carattere morfologico, geografico e/o di partner ectomicorrizico comune a tutte le collezioni all'interno di ogni singolo subclade (con l'eccezione del subclade II costituito dalla sola collezione JLFA116140 MN536734 di FASCIOTTO 2012, caratterizzata da crescita in bosco montano di *P. sylvestris* e *Picea abies*), seguiamo temporaneamente MORENO *et al.* (2019) nel considerare questi subcladi all'interno di un'unica specie che può essere denominata *B. mediterraneensis* s. l. e non come criptospecie. Chiaramente, ulteriori studi morfologici e l'utilizzo anche di marcatori extraribosomiali (*TEF-1*, *RPB1*, *RPB2*) potrebbero in futuro portare a cambiare questa visione e ad eventualmente riconoscere i subcladi come specie indipendenti.

La raccolta laziale (MCVE 31742) è sicuramente attribuibile a *B. mediterraneensis* s. l. ed in particolare cade nel subclade III insieme a quattro raccolte francesi trovate sotto *C. atlantica* (le raccolte sotto *C. atlantica* non appartengono però tutte al subclade III, Figg. 1-3). Le sue caratteristiche sono ben sovrapponibili a quelle descritte in letteratura (BIDAUD 2009; MORENO *et al.* 2019; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020), con l'eccezione dei basidi. Infatti noi abbiamo osservato quasi esclusivamente basidi intercalari, che non vengono citati da MORENO *et al.* (2019) e RIVOIRE (2020) ed indicati come rari da BERNICCHIA & GORJÓN (2020) (che li chiamano "pleurobasidi"), i quali, tra l'altro, presentano nelle nostre raccolte una bisporia prevalente, mentre vengono riportati come per lo più tetrasporici da questi ultimi Autori. Alcune sequenze nrITS non presenti nell'analisi di MORENO *et al.* (2019) permettono di estendere l'areale di distribuzione di *B. mediterraneensis* s. l. anche ad Algeria (subclade IV, fungarium CM107, GB acc. n. KP826755, *Q. suber* e *P. halepensis*), Marocco (subclade IV, fungarium TUF116745, UNITE acc. n. UDB025522, *P. pinaster*), Turchia (subclade I, campione TUE000638, sequenza ambientale-DNA da suolo, UNITE acc. n. UDB01535113) e Pantelleria (subclade I, fungarium TUF116418, UNITE acc. n. UDB014981) (vedi Figg. 1-3 e Tabella 1). In particolare, per la collezione di Pantelleria effettuata da L. Tedersoo nel Parco di Montagna Grande e Monte Gibele, non vengono riportati in UNITE le informazioni sulle possibili piante ospiti, anche se sappiamo che in tale area sono principalmente rappresentate le serie di vegetazione del Leccio (*Erico-Quercu ilicis sigmetum*), legata ai substrati rocciosi lavici, oltre alla serie del Pino marittimo (*Genisto-Pino pinastri sigmetum*), limitatamente agli andosuoli vulcanici (<https://www.wwfscilianordoccidentale.it/riserve/siti-interesse-comunitario-sicilia/>).

Problematica risulta la distinzione tra *B. mediterraneensis* e *B. grisea*. A parte le differenze nelle sequenze ribosomiali (nrITS e nrLSU) e la diversa distribuzione geografica (*B. grisea* è prevalentemente diffusa nell' area Eurosiberiana, soprattutto con *Pinus* spp. ma anche *Abies alba* e *Picea abies*, NIEMELÄ & SAARENOKSA 1989; HROUDA 2005; RIVOIRE 2020), *B. grisea* possiede un pileo più chiaro, senza tinte vinoso brunastre, carne che non diventa rosa alla sezione ma è ingrigente, superficie pileica, pori e carne che diventano solo leggermente verdastri in KOH

per poi annerire (NIEMELÄ & SAARENOKSA 1989; RYVARDEN & GILBERTSON 1993; STALPERS 1993; BERNICCHIA 2005; NIEMELÄ 2005; RYVARDEN & MELO 2017; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020). RIVOIRE (2020) indica come ulteriori differenze tra le due specie, ornamentazioni sporali più alte e basidi più lunghi [fino a 30(40) μm versus 25 μm in *B. mediterraneensis*] in *B. grisea*. Secondo le nostre osservazioni sulle raccolte laziali, in effetti i basidi non supererebbero nel loro complesso i 25 μm di lunghezza e hanno una morfologia piuttosto differenziata. Come già sostenuto precedentemente, le raccolte di *B. grisea* segnalate per l'area mediterranea dovrebbero essere testate molecolarmente.

Le rimanenti specie europee sono invece facilmente differenziabili da *B. mediterraneensis*. *Boletopsis watlingii* descritta dalla Scozia (come *B. perplexa*) in associazione con *Pinus sylvestris* è contraddistinta da un pileo marrone scuro-fuliginoso a grigio brunastro con sfumature verdastre e fortemente annerente, un tomento miceliare arancione vivace alla base dello stipite, carne inizialmente grigio violacea al taglio e che successivamente diventa grigio nerastra soprattutto nello stipite, nero seppia con KOH, ife con unioni a fibbia abbastanza sparse e rare e spore più piccole 4,5-4,8 (5) \times 3,5-4,5 μm (WATLING & MILNE 2006, 2008). *Boletopsis leucomelaena* è caratterizzata da un pileo grigio-seppia, bruno nerastro, da superficie pileica, pori e carne che diventano violaceo nerastre con KOH, ed una associazione preferenziale con *Picea* (NIEMELÄ & SAARENOKSA 1989; RYVARDEN & GILBERTSON 1993; STALPERS 1993; BERNICCHIA 2005; NIEMELÄ 2005; RYVARDEN & MELO 2017; BERNICCHIA & GORJÓN 2020; RIVOIRE 2020).

Due specie descritte recentemente dalla Cina possono assomigliare a *B. mediterraneensis*. *Boletopsis macrocarpa*, legata a *Pinus yunnanensis* Franch. fino a 3000 m di altitudine, presenta un pileo con margine color crema, carne che non diventa rosa al taglio, superfici del basidioma annerenti in KOH e sporata bianca; *B. tibetana*, associata a *Picea balfouriana* Rehder & E.H. Wilson fino a 2900 m di altitudine, si distingue per la carne che non diventa rosa al taglio, superfici annerenti in KOH e per i pori estremamente fitti (3-4 versus 1-3 per mm) (ZHOU H.-M. *et al.* 2022).

Una curiosità riguarda la collezione di *B. leucomelaena* (come *B. melaleuca*) sulla quale Fayod ha basato l'istituzione del genere *Boletopsis* (FAYOD 1889). L'autore afferma, nelle note:

"Ho raccolto questa specie, che non era ancora stata trovata in Italia, nelle pinete di Pegli, nel mese di Novembre 1888 e più tardi, nella metà di Dicembre dello stesso anno, in abbondanza in quelle del Monte Telegrafo, al di sopra di Portofino nella Riviera di Levante. Certi vecchi esemplari misuravano fin a 25 cm. di diametro; in media però le dimensioni di questa specie sono minori, cioè da 12—18 cm. di diametro del pileo, e collo stipite lungo di 4—5 cm; il suo spessore era di 2 centimetri. Pare dunque che questa specie possa acquistare in Italia molto maggiori dimensioni che non in Finlandia ed in Svezia, ove in certi luoghi non è rara nelle pinete." Queste citate da Fayod sono aree mediterranee (Liguria) che ancora oggi possiedono pinete a *P. pinaster* e *P. halepensis* (F. BOCCARDO, com. pers.). F. Boccardo e M. Carbone hanno in questi ultimi anni effettuato alcune raccolte di *B. mediterraneensis* in aree attigue a Sestri Levante (com. pers.).

Nella diagnosi originale Fayod riporta: "*Hab. Gregatim ad terram in ericetis nemorum Pini. Novembris et Decembris mensibus.*"

L'ambiente di raccolta farebbe quindi pensare a *B. mediterraneensis*. Fayod non indica il colore pileico ma afferma che "*Una buona figura di questo fungo si trova negli «Icones Hymenomycetum nondum delineatorum» del Fries pl. 179.*" dove, come *Polyporus leucomelas* viene raffigurata una raccolta con pileo quasi nerastro (FRIES 1882), conforme quindi più alle cromaticità tipiche di *B. leucomelaena*.

Lo status di *Boletopsis atrata*

STALPERS (1993) mise in evidenza che morfologicamente è possibile riconoscere in *Boletopsis* due gruppi distinti di specie, il primo rappresentato da *B. leucomelaena* e taxa viciniore (*B. grisea*, *B. smithii*), con basidiomi solitari, generalmente dotati di stipite centrale, carnosifragili, costituiti, almeno a livello della pileipellis da ife rigonfie (larghe fino a 18 μm) e spore

angoloso-nodulose ornamentate da gibbosità irregolari, larghe verruche; il secondo gruppo contraddistinto da basidiomi pleuropodali, spesso ramificati, più o meno elastici, dotato di ife non rigonfie (larghe fino a 5 µm), con spore regolari, ornamentate da spine. Per quest'ultimo, comprendente *B. atrata*, descritta da Ryvarden (in HJORTSTAM & RYVARDEN 1982; NÚÑEZ & RYVARDEN 2001) dalla Thailandia, e per *B. subcitrina* Corner della Malesia (CORNER 1989, HATTORI 2017), l'autore olandese stabilì *Boletopsis* subgenus *Boletopsina* (tipificato con *B. atrata*).

Successivamente, HATTORI (2001) dopo l'esame dell'olotipo di *B. subcitrina*, riconosce in questa specie un elemento aberrante in *Boletopsis* (sottolineandone anche la sporata biancastra) ed istituisce per accoglierla, il genere *Corneroporus*. Riteniamo opportuno ricombinare in questa sede anche *B. atrata* in *Corneroporus*.

Corneroporus atratus (Corner) Vizzini, comb. nov.

Mycobank MB847604

Basionym: *Boletopsis atrata* Ryvarden, in HJORTSTAM & RYVARDEN, *Nordic J. Bot.* 2(3): 278 (1982).

Ringraziamenti

Si ringrazia Fabrizio Boccoardo e Matteo Carbone (Genova) per aver fornito utili informazioni sulle loro raccolte di *B. mediterraneensis* e Cristiano Losi (Venezia) per una rilettura critica del manoscritto.

Indirizzi degli autori

ALFREDO VIZZINI

Via S. Pietro d' Ollesia 13b, 10053 Bussoleno (TO-IT).

E-mail: alfredo.vizzini@libero.it

LUIGI PERRONE

Via Mosca n. 71 00142 Roma (IT).

E-mail: gigiper40@gmail.com

MARIANO CURTI

Via Tito Nicolini, n. 12, 02030 Pozzaglia Sabina (RI-IT).

E-mail: marianocurti60@libero.it

ENRICO ERCOLE

Via Murazzano n. 11 10141 Torino (IT).

E-mail: ercole.enrico@gmail.com

MAURO CITTADINI

Via Luigi Mascherpa, 21, 00144 Roma (IT).

E-mail: mauro.cittadini@alice.it

Bibliografia

AGERER R. – 1992: Studies on ectomycorrhizae XLIV. Ectomycorrhizae of *Boletopsis leucomelaena* (Thelephoraceae, Basidiomycetes) and their relationship to an unidentified ectomycorrhiza. *Nova Hedwigia* 55: 501-518.

AGERER R. – 1993: *Boletopsis leucomelaena*. In AGERER R. (ed) *Colour Atlas of Ectomycorrhizae*, plate 75, Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd.

AGERER R. – 2001: Exploration types of ectomycorrhizae. A proposal to classify ectomycorrhizal mycelial systems according to their patterns of differentiation and putative ecological importance. *Mycorrhiza* 11: 107-114.

BERGEMANN S.E. & GARBELOTTO M. – 2006: High diversity of fungi recovered from the roots of mature tanoak (*Lithocarpus densiflorus*) in northern California. *Canadian Journal of Botany* 84: 1380-1394.

BERNICCHIA A. – 1990: Polyporaceae s.l. in Italia. Istituto di Patologia vegetale, Bologna. 584 p.

- BERNICCHIA A. – 2005. *Polyporaceae s.l. Fungi Europaei* 10. Edizioni Candusso, Alassio. 808 p.
- BERNICCHIA A. & BERTUCCI M. – 1995: *Boletopsis grisea* (Peck) Bond. Sing. e *B. leucomelaena* (Pers.) Fayod. *Bollettino dell'Associazione micologica ed ecologica romana* 34: 8-17.
- BERNICCHIA, A. & GORJÓN S.P. – 2020: *Polypores of the Mediterranean Region*. Romar: 904 pages.
- BIDAUD A. – 2009: Taxons rares étudiés en 2006 (3^e partie). *Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie* 193: 49-63.
- BINDER M., LARSSON K.-H., MATHENY P.B. & HIBBETT D.S. – 2010: Amylocorticiales ord. nov. and Jaapiales ord. nov.: Early diverging clades of Agaricomycetidae were dominated by corticioid forms. *Mycologia* 102: 865-880.
- BLANCO-DIOS J.B. – 2018: Notas nomenclaturales en los Órdenes Agaricales y Boletales. *Tarrellos* 20: 28-31.
- BORGARINO D. & HURTADO C. – 2001: *Champignons de Provence. Aix-en-Provence*, Édisud: 439 p.
- BORGARINO D. & HURTADO C. – 2005: *Le guide des champignons. Aix-en-Provence*, Édisud: 450 p.
- BREITENBACH, J. & KRÄNZLIN F. – 1986: *Champignons de Suisse*. Tome 2. Mykologia. Lucerne.
- CHEN J.J., CUI B.K., ZHOU L.W., KORHONEN K. & DAI Y.C. – 2015: Phylogeny, divergence time estimation, and biogeography of the genus *Heterobasidion* (Basidiomycota, Russulales). *Fungal Diversity* 71(1): 185-200. <https://doi.org/10.1007/s13225-014-0317-2>
- CHEN J.J., CUI B.K. & DAI Y.C. – 2016: Global diversity and molecular systematics of *Wrightoporia* s. l. (Russulales, Basidiomycota). *Persoonia* 37 (1): 21-36. <https://doi.org/10.3767/003158516X689666>
- COOPER J. & LEONARD P. – 2012: *Boletopsis nothofagi* sp. nov. associated with *Nothofagus* in the Southern Hemisphere. *MycKeys* 3: 13-22. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.3.2762>
- CORNER E.J.H. – 1989: Ad Polyporaceas V. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 96: 1-218.
- DAI Y.C. – 2012: Polypore diversity in China with an annotated checklist of Chinese polypores. *Mycoscience* 53 (1): 49-80.
- DONK M.A. – 1974: Check list of European polypores. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde* 62: 1-469.
- FASCIOTTO J.-L. – 2012: Quelques champignons intéressants de la région grenobloise. *Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie* 207: 37-45.
- FAYOD V. – 1889: Sopra un nuovo genere di Imenomiceti. *Malpighia* 3: 69-73.
- FELSENSTEIN J. – 1985: Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39 (4): 783-791. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1985.tb00420.x>.
- FRIES E., FRIES T.M. & FRIES K.R.E. – 1882: *Icones selectae Hymenomycetum nondum delineatorum*. Volumen secundum. [Fasc.] VIII. Typographia centralis & Ed. Berling, Holmiae et Upsaliae.
- GANNAZ M. – 1991: *Clé des Polypores à chapeau en Europe*. Fédération mycologique Dauphiné-Savoie. Moûtiers: 74 p.
- GARDES M. & BRUNS T.D. – 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2: 113-118.
- GILBERTSON R.L. & RYVARDEN L. – 1986: *North American polypores 1*. Fungiflora, Oslo.
- GINNS J. – 2017: *Polypores of British Columbia*. Prov. B.C., Victoria, B.C. Tech. Rep. 104. www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/TR104.htm
- HARRISON K.A. – 1975: A new species of *Boletopsis*. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 51: 119-123.
- HATTORI T. – 2001: Type studies of the polypores described by E. J. H. Corner from Asia and West Pacific Area 3. Species described in *Trichaptum*, *Albatrellus*, *Boletopsis*, *Diacanthodes*, *Elmerina*, *Fomitopsis* and *Gloeoporus*. *Mycoscience* 42(5): 423-431. <https://doi.org/10.1007/BF02464338>
- HATTORI T. – 2017: Biogeography of polypores in Malesia, Southeast Asia. *Mycoscience* 58 (1): 1-13.
- HJORTSTAM K. & RYVARDEN L. – 1982: Aphylophorales from Northern Thailand. *Nordic Journal of Botany* 2(3): 273-281. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1982.tb01189.x>
- HROUDA P. – 2005: *Bankeraceae* in Central Europe. 1. *Czech Mycology* 57: 57-78.
- HUELSENBECK J.P. & RONQUIST F. – 2001: MrBayes: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics* 17: 754-755.

- IZZO A., AGBOWO J. & BRUNS T.D. – 2005: Detection of plot-level changes in ectomycorrhizal communities across years in an old-growth mixed-conifer forest. *New Phytologist* 166 (2): 619-629. doi: 10.1111/j.1469-8137.2005.01354.x. PMID: 15819924.
- KATO H. & STANDLEY D.M. – 2013: MAFFT: multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution* 30 (4): 772–780. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst010>
- KENNEDY P.G., SMITH D.P., HORTON T.R. & MOLINA R.J. – 2012: *Arbutus menziesii* (Ericaceae) facilitates regeneration dynamics in mixed evergreen forests by promoting mycorrhizal fungal diversity and host connectivity. *American Journal of Botany* 2012 Oct; 99 (10): 1691-701. doi: 10.3732/ajb.1200277. Epub 2012 Sep 17. PMID: 22986083.
- KOTLÁBA F. & POUZAR Z. – 1957: Poznámky k trídění evropských chorošu. *Ceská Mykologie* 11: 152-170. [Notes on classification of European pore fungi]
- KOZLOV, A. M., DARRIBA D., FLOURI T., MOREL B. & STAMATAKIS A. – 2019: RA × ML-NG: A fast, scalable, and user-friendly tool for maximum likelihood phylogenetic inference. *Bioinformatics*, 35 (21): 4453-4455. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btz305>.
- KRANABETTER J.M., FRIESEN J., GAMMET S. & KROEGER P. – 2009: Epigeous fruiting bodies of ectomycorrhizal fungi as indicators of soil fertility and associated nitrogen status of boreal forests. *Mycorrhiza*. 2009 Oct; 19 (8): 535-548. doi: 10.1007/s00572-009-0255-0. Epub 2009 May 16. PMID: 19449039.
- LARSSON K., LARSSON E. & KÖLJALG U. – 2004: High phylogenetic diversity among corticioid homobasidiomycetes. *Mycological Research* 108 (9): 983-1002.
- LARSSON K.-H., SVANTESSON S., MISCEVIC D., KÖLJALG U. & LARSSON E. – 2019: Reassessment of the generic limits for *Hydnellum* and *Sarcodon* (Thelephorales, Basidiomycota). *MycoKeys* 54: 31-47. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.54.35386>
- LLISTOSELLA J. & AGUASCA M. –1990: Macromicets de l'illa de Menorca II. *Revista Catalana de Micologia* 13: 17-32.
- MALENÇON G. & BERTAULT R. – 1970: *Flore des Champignons Supérieurs du Maroc*. I. Travaux de l'Institut scientifique chérifien et de la Faculté des Sciences de Rabat, Série botanique et biologie végétale 32: 1-601.
- MATA M. & RYVARDEN L. – 2007: *Studies in Neotropical polypores 24. New and interesting species from Costa Rica*. Synopsis Fungorum, Fungiflora 23: 51-55.
- MELIS J.L.L., MIR G. & PRATS M.C. – 2017: Aportación al catálogo micológico de las Islas Baleares. Menorca. II. *Micobotánica-Jaen* XII (1): 123-145. <https://www.micobotanicajaen.com/Revista/Articulos/JLMelis/MenorcaII/MenorcaII.pdf>
- MORENO G., CARLAVILLA J.R., BELLANGER J.-M., OLARIAGA I., MOREAU P.-A., BIDAUD A., LOIZIDES M., MANJÓN J.L. IN CROUS P.W., WINGFIELD M.J., LOMBARD L., ROETS F., SWART W.J., ALVARADO P., CARNEGIE A.J., MORENO G., LUANGSA-ARD J., THANGAVEL R., ALEXANDROVA A.V., BASEIA I.G., BELLANGER J.-M., BESSETTE A.E., BESSETTE A.R., DELAPEÑA-LASTRA S., GARCÍA D., GENÉ J., PHAM T.H.G., HEYKOOP M., MALYSHEVA E., MALYSHEVA V., MARTÍN M.P., MOROZOVA O.V., NOISRIPPOOM W., OVERTON B.E., REA A.E., SEWALL B.J., SMITH M.E., SMYTH C.W., TASANATHAI K., VISAGIE C.M., ADAMÍK S., ALVES A., ANDRADE J.P., ANINAT M.J., ARAÚJO R.V.B., BORDALLO J.J., BOUFLEUR T., BARONCELLI R., BARRETO R.W., BOLIN J., CABERO J., CABO M., CAFÁ G., CAFFOT M.L.H., CAI L., CARLAVILLA J.R., CHÁVEZ R., DECASTRO R.R.L., DELGATO L., DESCHUYTENEER D., DIOS M.M., DOMÍNGUEZ L.S., EVANS H.C., EYSSARTIER G., FERREIRA B.W., FIGUEIREDO C.N., LIU F., FOURNIER J., GALLI-TERASAWA L.V., GIL-DURÁN C., GLIENKE C., GONÇALVES M.F.M., GRUYA H., GUARRO J., HIMAMAN W., HYWEL-JONES N., ITURRIETA-GONZÁLEZ I., IVANUSHKINA N.E., JARGEAT P., KHALID A.N., KHAN J., KIRAN M., KISS L., KOCHKINA G.A., KOLAÍK M., KUBÁTOVÁ A., LODGE D.J., LOIZIDES M., LUQUE D., MANJÓN J.L., MARBACH P.A.S., MASSOLAJR N.S., MATA M., MILLER A.N., MONGKOLSAMRIT S., MOREAU P.-A., MORTE A., MUJIC A., NAVARRO-RÓDENAS A., NÉMETH M.Z., NÓBREGA T.F., NOVÁKOVÁ A., OLARIAGA I., OZERSKAYA S.M., PALMA M.A., PETERS-VANDRESEN D.A.L., PIONTELLI E., POPOV E.S., RODRÍGUEZ A., REQUEJO Ó., RODRIGUES A.C.M., RONG I.H., ROUX J., SEIFERT K.A., SILVA B.D.B., SKLENÁ F., SMITH J.A., SOUSA J.O., SOUSA H.G., DESOUSA J.T., VEC K., TANCHAUD P., TANNEY J.B., TERASAWA F., THANAKITPIPATANA D., TORRES-GARCIA D., VACA I., VAGHEFI N., VANIPEREN A.L., VASILENKO O.V., VERBEKEN A., YILMAZ N., ZAMORA J.C., ZAPATA M., JURJEVIĆ Ž. & GROENEWALD J.Z. – 2019: Fungal planet description sheets: 951-1041. *Persoonia* 43 (1): 223-425. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.06>

- MU Y.H., YU J.R., CAO T., WANG X.H. & YUAN H.S. – 2021: Multi-gene phylogeny and taxonomy of *Hydnellum* (Bankeraceae, Basidiomycota) from China. *Journal of Fungi* (Basel, Switzerland) 7 (10): e818. <https://doi.org/10.3390/jof7100818>
- NIEMELÄ T. – 2005: Polypores, lignicolous fungi. *Norrinia* 13: 1-320.
- NIEMELA T. & SAARENOKSA R. – 1989: On Fennoscandian polypores 10. *Boletopsis leucomelaena* and *B. grisea* described and illustrated. *Karstenia* 29 (1): 12-28. <https://doi.org/10.29203/ka.1989.271>
- NÚÑEZ M. & RYVARDEN L. – 2001: *East Asian Polypores, volume 2. Polyporaceae s. lato*. Synopsis Fungorum 14: 170-522.
- PORTER T.M., SKILLMAN J.E. & MONCALVO, J.M. – 2008. Fruiting body and soil rDNA sampling detects complementary assemblage of Agaricomycotina (Basidiomycota, Fungi) in a hemlock-dominated forest plot in southern Ontario. *Molecular Ecology* 17 (13): 3037-3050.
- RAMBAUT A. & DRUMMOND A.J. – 2007. Tracer v1.4. [Available from <http://beast.bio.ed.ac.uk/Tracer>].
- RINALDI A.C., COMADINI O. & KUYPER T.W. – 2008: Ectomycorrhizal fungal diversity: separating the wheat from the chaff. *Fungal Diversity* 33:1-45
- RIVOIRE B. – 2020: *Polypores de France et d'Europe*. Association MYCOPOLYDEV.
- ROBIN C. – 2015. Présentation de deux espèces de *Boletopsis* Fayod récoltées en France et clé de détermination des taxons européens. *Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie* 217: 23-26.
- RONQUIST F. & HUELSENBECK J.P. – 2003: MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* (Oxford, England) 19 (12): 1572-1574. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btg180>
- RYVARDEN L. – 1991: *Genera of Polypores, Nomenclature and Taxonomy*. Fungiflora, Oslo.
- RYVARDEN L. & GILBERTSON R.L. – 1993: *European polypores 1*. Synopsis Fungorum, Fungiflora 6: 1-387.
- RYVARDEN L. & MELO I. – 2017: *Poroid fungi of Europe, 2nd edn*. Synopsis Fungorum, Fungiflora 37: 1-430.
- SIQUIER J.L. & SALOM J.C. – 2013: *Catálogo de Hongos y Mixomicetos de las Islas Baleares*. Ed. Micobaleares C.B. Sóller: 528 pp.
- SIQUIER J.L., SALOM J.C., PINTOS A., VEGA M. & PLANAS J. – 2019c: Contribució al coneixement micològic de les Illes Balears (Espanya). XXV. *Revista Catalana de Micologia* 40: 3-33.
- SIQUIER J.L., SALOM J.C., LADO C., OLARIAGA I., ESPINOSA J., SERRA A., PLANAS J. & LLISTOSELLA J. – 2020: Notes Corològiques sobre la Funga de les Pitiüses - Eivissa i Formentera. V. (Illes Balears, Espanya). *Revista Catalana de Micologia* 41: 55-86.
- STALPERS J.A. – 1993. The aphyllphoraceous fungi I. Keys to the species of the Thelephorales. *Studies in Mycology* 35: 1-168.
- STAMATAKIS A. – 2006: RAxML-VI-HPC: Maximum likelihood-based phylogenetic analysis with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics* (Oxford, England) 22 (21): 2688-2690. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl446>
- TEDERSOO L., MAY T.W. & SMITH M.E. – 2010: Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza* 20: 217-263. <https://doi.org/10.1007/s00572-009-0274-x>
- TEDERSOO L. & SMITH M.E. – 2013: Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews* 27 (3-4): 83-99.
- TRUDELL S.A., RYGIWICZ P.T. & EDMONDS R.L. – 2004: Patterns of nitrogen and carbon stable isotope ratios in macrofungi, plants and soils in two old-growth conifer forests. *New Phytologist* 164: 317-335.
- VILGALYS R. & HESTER M. – 1990: Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology* 172(8): 4238-4246. <https://doi.org/10.1128/jb.172.8.4238-4246.1990>
- VIZZINI A., CONSIGLIO G., SETTI L. & ERCOLE E. – 2015: *Calocybella*, a new genus for *Rugosomyces pudicus* (Agaricales, Lyophyllaceae) and emendation of the genus *Gerhardtia*. *IMA Fungus* 6 (1): 1-11.
- VIZZINI A., ANGELINI C., LOSI C. & ERCOLE E. – 2016: *Thelephora dominicana* (Basidiomycota, Thelephorales), a new species from the Dominican Republic, and preliminary notes on thelephoroid genera. *Phytotaxa* 265 (1): 27-38. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.265.1.2>

- WANG K., CHEN S.L., DAI Y.C., JIA Z.F., LI T.H., LIU T.Z., PHURBU D., MAMUT R., SUN G.Y., BAU T. *et al.* – 2021: Overview of China's nomenclature novelties of fungi in the new century (2000-2020). *Mycosystema* 40: 822-833.
- WATLING R. & MILNE J. – 2006: A new species of *Boletopsis* associated with *Pinus sylvestris* L. in Scotland. *Botanical Journal of Scotland* 58(1): 81-92. <https://doi.org/10.1080/03746600608685110>
- WATLING R. & MILNE J. – 2008: The identity of European and North American *Boletopsis* spp. (Basidiomycota; Thelephorales, Boletopsidaceae). *North American Fungi* 3: 5-15. <https://doi.org/10.2509/naf2008.003.0072>
- WHITE T.J., BRUNS T., LEE S. & TAYLOR J.W. – 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS M.A., GELFAND D.H., SNINSKY J.J., WHITE T.J. (Eds) *PCR protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press, New York: 315-322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- ZHOU L.-W., NAKASONE, K.K., BURDSALL, H.H. *et al.* – 2016: Polypore diversity in North America with an annotated checklist. *Mycological Progress* 15, 771-790. <https://doi.org/10.1007/s11557-016-1207-7>
- ZHOU H.-M., ZHAO Q., WANG Q., WU F. & DAI Y.-C. – 2022: Two new species of *Boletopsis* (Bankeraceae, Thelephorales) from Southwest China. *MycKeys* 89: 155-169. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.89.8319>