

ALFREDO VIZZINI, CLAUDIO ANGELINI, ENRICO ERCOLE

LE SEZIONI *VELATAE* E *APORUS* DI *AGROCYBE* SOTTOGENERE *APORUS*:
RIVALUTAZIONE DEL GENERE *CYCLOCYBE* VELEN. ED UNA NUOVA SPECIE

Riassunto

Sulla base di analisi molecolari (sequenze LSU e ITS) è confermata la polifilia del genere *Agrocybe* e viene riproposto il genere *Cyclocybe* per accogliere *Agrocybe erebia*, *A. cylindracea* s.l. e una nuova specie, *C. erebioides*. Le sequenze ITS dal database *GenBank*, attribuite a *A. cylindrica*/*A. cylindracea*/*A. aegerita*, si distribuiscono in due distinti cladi.

Abstract

Based on molecular data (LSU and ITS sequences analysis), the polyphyly of the genus *Agrocybe* is confirmed and the genus *Cyclocybe* is resurrected for accommodating *Agrocybe erebia*, *A. cylindracea* s.l. and a new species from Italy, *C. erebioides*. ITS sequences from *GenBank* database, named *A. cylindrica*/*A. cylindracea*/*A. aegerita*, clustered in two distinct clades.

Key words: *Agaricales*, *Bolbitiaceae*, *Strophariaceae*, *Agrocybe aegerita*, *Agrocybe parasitica*, taxonomy

Introduzione

Il genere *Agrocybe* Fayod, tipificato da *A. praecox* (Pers.) Fayod, tradizionalmente comprende specie dai basidiomi con habitus da collibioide a tricolomatoide, pileo da convesso ad appianato, da liscio a pruinoso, talvolta venoso-corrugato, da untuoso a viscido, spesso con residui bianchi di velo parziale al margine, con colorazioni da bianco avorio a giallastro-brunastre, igrofano o meno, con margine talvolta striato; lamelle quasi sempre adnate, da giallastre a bruno tabacco, talvolta con lievi sfumature lilla, filo più pallido; stipite con o senza un anello ben sviluppato, rizomorfe spesso presenti; odore e sapore di solito farinosi o aromatici; sporata da giallo brunastra a bruno tabacco rossastra. Microscopicamente esso è caratterizzato da spore da ellissoidali ad amigdaliformi, lisce, a parete sottile o spessa, spesso con poro germinativo ben definito, giallastro-bruno al microscopio ottico; cheilocistidi presenti, pleurocistidi quasi sempre presenti; pileo- e caulocistidi rari, pileipellis in forma di un imeniderma più o meno gelificato, talvolta con transizione verso un epitelio; unioni a fibbia generalmente presenti. Comprende specie saprotrofe terricole, erbicole, crescenti su una vasta serie di matrici vegetali, in alcuni casi strettamente lignicole (ed allora deboli parassite), raramente su escrementi (BON, 1980; WATLING, 1982; SINGER, 1986; NAUTA, 1987, 2005; RYMAN, 2012).

Il genere viene inserito da SINGER (1986) nella famiglia delle *Bolbitiaceae* Singer insieme a *Bolbitius* Fr., *Conocybe* Fayod, *Pholiotina* Fayod, *Galerella* Earle e *Descolea* Singer.

WALTHER ET AL. (2005) e WALTHER & WEISS (2006) hanno messo in evidenza che, mentre gli anamorfi di *Bolbitius* e *Conocybe* presentano un pattern di conidiogenesi molto simile, quelli delle varie specie di *Agrocybe* sono molto diversi fra loro e non sovrapponibili a quelli di *Bolbitius* e *Conocybe*. La natura polifiletica delle *Bolbitiaceae*, sulla base del tipo di anamorfo prodotto, è in accordo con le analisi molecolari di MONCALVO ET AL. (2002), HALLEN ET AL. (2003), REES ET AL. (2003), WALTHER ET AL. (2005), GULDEN ET AL. (2005) ed in quelle successive di MATHENY ET AL. (2006) e TÓTH ET AL. (2013), nelle quali viene evidenziato un gruppo monofiletico costituito da *Conocybe* e *Bolbitius* e probabilmente *Descolea* ed indicata invece una lontana affiliazione per *Agrocybe*. WALTHER & WEISS (2006) hanno di conseguenza emendato la famiglia delle *Bolbitiaceae* escludendo il genere *Agrocybe*.

In particolare le *Bolbitiaceae* risultano sister a *Cortinariaceae* R. Heim ex Pouzar s.s. [corrispondenti al solo genere *Cortinarius* (Pers.) Gray] e le *Agrocybe* incluse in *Strophariaceae* Singer & A.H. Sm. s.s. [con *Psilocybe* (Fr.) P. Kumm., *Hypholoma* (Fr.) P. Kumm., *Stropharia* (Fr.) Quél. e *Pholiota* (Fr.) P. Kumm.] in MATHENY ET AL. (2006); ancora, le *Bolbitiaceae* appaiono sister ad un clade costituito da *Panaeolus* (Fr.) Quél., *Panaeolina* Maire e *Galeropsis* Velen. e le *Agrocybe* sono affini a *Psilocybe* e *Hebeloma* (Fr.) P. Kumm. in TÓTH ET AL. (2013). Infine, dalle analisi di GONZALEZ & LABARÈRE (1998), REES ET AL. (2003) e MATHENY ET AL. (2006), si evince anche la polifilia di *Agrocybe*. Scopo del presente lavoro è di elaborare una filogenesi di *Agrocybe* sulla base dell'analisi delle sequenze LSU e ITS e di descrivere una specie nuova vicina ad *Agrocybe erebia* rinvenuta in Italia.

Materiali e metodi

Osservazioni macro- e microscopiche

La descrizione e lo studio dei caratteri macroscopici derivano da materiale fresco, mentre per lo studio dei caratteri micromorfologici è stato utilizzato sia materiale fresco che d'erbario. Le foto in habitat sono state realizzate con fotocamera Nikon coolpix 8400. Per la colorazione e/o evidenziazione degli elementi microscopici sono stati utilizzati acqua, Rosso Congo ammoniacale e Phloxin B; gli essiccata sono stati preventivamente idratati con acqua distillata. L'analisi microscopica è stata realizzata con microscopio ottico Meiji Techno (MT4000). Le misurazioni sporiali sono basate su 32 spore provenienti da 4 basidiomi di una collezione (holotypus). La descrizione in inglese della nuova specie è stata depositata in Mycobank (www.mycobank.org/DefaultPage.aspx). Gli autori dei taxa vengono citati seguendo Index Fungorum, Authors of Fungal Names (www.indexfungorum.org/authorsoffungalnames.htm).

Gli acronimi degli erbari sono in accordo con THIERS (2014), con l'eccezione di ANGE e GC che fanno riferimento all'erbario personale di C. Angelini e G. Consiglio.

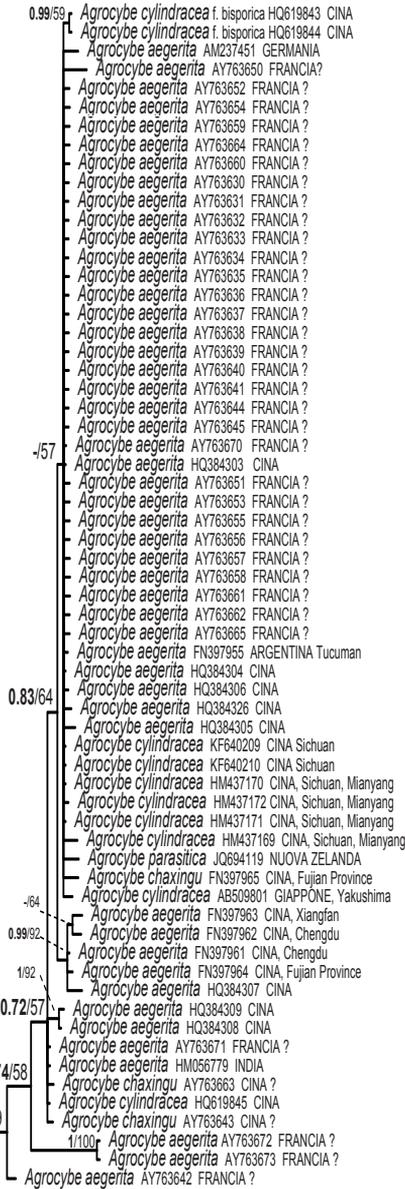
Estrazione del DNA, amplificazione PCR e sequenziamento

Il DNA genomico è stato estratto da porzioni di ca. 1 mg di 5 campioni d'erbario (TAB. 1), utilizzando il DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Milan Italy). Per l'amplificazione della regione LSU sono stati utilizzati i primers universali LR0R/LR7 (VILGALYS & HESTER, 1990; VILGALYS LAB., unpublished, www.botany.duke.edu/fungi/mycolab); per l'amplificazione della regione ITS i primers universali ITS1F/ITS4 (WHITE ET AL., 1990; GARDES & BRUNS, 1993). Le reazioni di amplificazione sono state condotte nel termociclatore PE9700 (Perkin-Elmer, Applied Biosystems) secondo il protocollo usato in VIZZINI ET AL. (2014). I prodotti PCR sono stati purificati con il kit AMPure XP (Beckman) e sequenziati dalla ditta MACROGEN Inc. (Seoul, Repubblica di Corea). Le sequenze sono state depositate in GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/) e i loro numeri di accesso sono riportati in Alberi 1 e 2 e TAB. 1.

Campionamento, allineamento e analisi filogenetica

Le sequenze LSU e ITS per le analisi filogenetiche sono state scelte sulla base dei risultati di BLASTn e dei lavori di MATHENY ET AL. (2006) e COOPER (2012) e ricavate dai database pubblici GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/) e UNITE (<http://unite.ut.ee/>). L'allineamento di tali sequenze è stato effettuato con il software MAFFT v6.814b (KATO ET AL., 2002) ed editato manualmente con MEGA 5 (TAMURA ET AL., 2011).

L'analisi filogenetica è stata svolta separatamente sulle sequenze LSU e ITS tramite i metodi di Inferenza Bayesiana (BI) e Maximum Likelihood (ML). Il dataset LSU comprende sequenze dei cosiddetti "dark-spored agarics"; quello ITS solo sequenze relative a *Agrocybe erebia*, *A. cylindracea* e taxa affini. *Lacrymaria lacrymabunda*, *Psathyrella candolleana* e *Gymnopilus spectabilis* sono stati utilizzati come outgroup taxa per le analisi rispettivamente per i dataset LSU e ITS. L'analisi Bayesiana è stata condotta con l'utilizzo del software MrBayes 3.1.2 (HUELSENBECK & RONQUIST, 2001), impostando 10 milioni di generazioni (algoritmo Monte Carlo Markov Chains). Sono stati salvati 10.001 alberi (frequenza di campionamento ogni 1.000 generazioni);



Cyclocybe cylindracea / CLADE 2

i primi 2.500 sono stati scartati come “burn-in” e con i rimanenti è stato costruito un albero di consenso con il criterio di “majority rule”. L’analisi di Maximum Likelihood è stata condotta con l’utilizzo del software RAxML v.7.0.4 (STAMATAKIS, 2006, utilizzando il parametro GTRGAMMA e 1000 repliche di bootstrap (FELSENSTEIN, 1985) per la validazione statistica dei nodi dell’albero. I valori di supporto dei nodi (Bayesian Posterior Probabilities -BPP- e bootstrap -MLB-) sono visualizzati sugli alberi (Alberi 1 e 2).

Tabella 1. Raccolte di *Cyclocybe* sequenziate (*coltivata, acquistate in negozi ortofrutticoli)

Specie	Origine	Legit	Herbarium	ITS	LSU
<i>C. cylindracea</i>	Italia, Azzano X°(PN)	C. Angelini	ANGE315	KM260144	KM260149
<i>C. cylindracea</i>	Italia, Porcia (PN) (*coltivata)	C. Angelini	ANGE318	KM260145	KM260150
<i>C. cylindracea</i>	Italia, Torino (*coltivata)	A.Vizzini	TO AV97345a	KM260146	–
<i>C. cylindracea</i>	Italia, Fiesso di Castenaso (BO)	G. Consiglio e G. Spisni	GC 93008	KM260147	–
<i>C. erebioides</i>	Italia, Porcia (PN)	C. Angelini	MCVE 27720 (holotypus)	KM260148	KM260151

TASSONOMIA

Cyclocybe erebioides Angelini & Vizzini, sp. nov. (Figure 1-6 e Foto 1-18)
Mycobank MB 809807

Etimologia: il suffisso greco οειδής, cioè *-oidès*, significa *somigliante, che sembra*, sta ad indicare la somiglianza morfologica di questa specie a *C. erebia*.

Diagnosi originale

Pileus medium-sized (3-6 cm), typically with a wrinkled-corrugate dry surface, at first dark brown then yellowish brown or reddish brown, margin hygrophanous and shortly striate in very mature specimens; lamellae adnate with slightly eroded to fimbriate-eroded and sterile edge; stipe white, more or less flocculose and/or ribbed, with a wide and complex membranous annulus (Agaricus arvensis-like), superiorly striated and inferiorly scaly; context whitish, brownish in the stipe on bruising, odourless or with a not distinct smell; spore-print tobacco-brown; spores (10.0)11-12.5(13) × (4.5)4.8-5.8(6) μm, fusiform, slightly thick-walled, without germ pore, light yellow-brown under light microscope; basidia (2)-4 spored; abundant hymenial typed cystidia, caulocystidia present only near the ring zone; pileipellis is a not gelified hymeniderm of erect, narrowly to broadly clavate and sphaero-pedunculate elements with numerous intercalated pileocystidia of various shape and size; parietal and intracellular but also encrusting brown pigment; clamp-connections present in all tissues also at the base of the basidia.

Cyclocybe erebia differs mainly in having a simpler annulus, a gelified pileipellis, bispored basidia, larger spores, rare clamp-connections and distinctive ITS and LSU sequences. Holotypus: MCVE 27720.

Pileo 3-6 cm di diametro, poco carnoso, dapprima convesso, poi piano-convesso, alla fine completamente spianato, con la parte centrale appena rialzata formante un accenno di umbone a base larga. Superficie asciutta, liscia, tipicamente grinzoso-corrugata per la presenza di evidenti

venature anastomosate in rilievo formanti solchi e/o avvallamenti, più accentuati nella parte centrale, che tendono a disporsi in senso radiale verso il margine (Foto 3-b); a piena maturità il bordo è igrofano e brevemente striato (Foto 3-a); inizialmente di colore marrone molto scuro, bruno mogano, tendente poi, con la maturazione, a schiarirsi su toni bruno-ocracei, bruno rossastri, ma sempre mantenendo il centro più scuro.

Lamelle mediamente fitte, con numerose lamellule ($l = 1-4$), basse e ad andamento rettilineo, adnato-smarginate all'inserzione dello stipite, con accenno ad una lieve decorrenza in alcuni esemplari, biancastre nei giovanissimi esemplari, presto brunastre, bruno tabacco; filo eroso e biancastro (sterile) (Foto 3-d).

Stipite $4-8 \times 0,5-1$ cm, duro, cilindrico, pieno, poi appena fistoloso, dritto per un lungo tratto, poi curvo verso la base oppure interamente ad andamento sinuoso; bianco candido nei soggetti giovani, poi imbrunente alla manipolazione o a completa maturità; interamente e finemente percorso in senso longitudinale da fibrille in rilievo, a tratti interconnesse, a loro volta ricoperte da fini fioccosità concolori, anch'esse alla fine imbrunenti. Tali fibrille, soprattutto negli esemplari di maggiore taglia, assumono a volte l'aspetto di vere e proprie costolature in netto rilievo che percorrono in senso longitudinale l'intero stipite fino all'inserzione delle lamelle. Nei giovani esemplari la base è ricoperta interamente da un feltro miceliare bianco. Presenza di un ampio ed evidente anello, membranoso e consistente, bianco in entrambi i lati, con la superficie superiore nettamente striata e presto ricoperta da polvere sporale bruno tabacco ed una superficie inferiore decorata da delle squame o fioccosità concolori, formanti una sorta di disegno a "ruota dentata" (ricorda l'anello di *Agaricus arvensis*) (Foto 3-c).

Carne biancastra, con tendenza ad imbrunire se manipolata o dopo lunga esposizione all'aria, poco spessa nel pileo, praticamente priva di odori e sapori distinti.

Sporata bruno-tabacco.

Spore $(10,0)11-12,5(13) \times (4,5)4,8-5,8(6) \mu\text{m}$, in media $11,43 \times 5,14 \mu\text{m}$, $Q_m = 2,22$, lisce, oblunghe, boletoidi, cilindrico-fusiforimi, simmetriche o asimmetriche, raramente sub-amigdaliformi, a parete spessa, con apicolo terminale piuttosto evidente, prive di poro germinativo al microscopio ottico (solo lieve assottigliamento della parete), giallo-ocra in acqua, inamiloidi e acianofile (Fig 1).

Basidi cilindrico-claviformi, $25-40 \times 8,3-11,6 \mu\text{m}$, 2-4 sporici (in prevalenza tetrasporici), a parete sottile, a contenuto granuloso e con sterigmi lunghi fino a $6 \mu\text{m}$ (Fig. 3-4).

Cheilocistidi digitato-subulati, lageniformi o fusiformi, raramente rostrati, ialini, a parete sottile, $30-45(50) \times 10-15 \mu\text{m}$, abbondanti, spesso interamente coprenti il filo lamellare (Fig. 5-6).

Pleurocistidi simili per forma e dimensione ai cheilocistidi, ($28-40 \times 9-12 \mu\text{m}$), piuttosto abbondanti e profondamente inseriti nel subimenio (Fig. 7-8).

Subimenio regolare, costituito da uno strato di ife distese e parallele larghe fino a $7 \mu\text{m}$.

Trama lamellare regolare, costituita da ife fisaloidi ("inflated-hyphae") larghe fino a $12 \mu\text{m}$.

Pileipellis un imeniderma, non gelificato, costituito da elementi clavati e sferopenducolati, alti fino a $35 \mu\text{m}$ e larghi fino a $16 \mu\text{m}$ (Fig. 9-10-13). Pigmento bruno in acqua, sia parietale che intracellulare, raramente incrostante.

Pileocistidi numerosi, frammisti agli elementi del rivestimento pileico, non o poco emergenti, di varie forme, fusiformi, utriforimi, lageniformi, mucronati, capitulati, raramente subulati, mostranti forme di transizione verso gli elementi clavati dell'imeniderma (Fig. 11-12), lunghi anche fino a $50 \mu\text{m}$ e larghi fino a $25 \mu\text{m}$.

Stipitipellis una cutis, costituita da ife distese e parallele a terminali arrotondati e allargati, larghe fino a $5 \mu\text{m}$ nello strato più esterno dove sono presenti rari abbozzi di ramificazioni appena emergenti e larghe fino a $12 \mu\text{m}$ negli strati più profondi (Fig. 17-18).

Annulus-trama costituita da un fitto intreccio di due tipi ifali: ife cilindriche lunghe e strette ($50-70 \times 4-5 \mu\text{m}$), e ife corte (fino a $35 \times 12 \mu\text{m}$), entrambi con terminali allargati o fusoidi mediamente di $40-45 \times 15-20 \mu\text{m}$ (Fig. 14), ma anche più grandi fino a $60 \times 25 \mu\text{m}$ (Fig. 15).



Foto n. 1. *Cyclocybe erebioides*. Raccolta del 2012.

Foto di Claudio Angelini



Foto n. 2. *Cyclocybe erebioides*. Raccolta del 2013 (MCVE27720 - Holotypus). Foto di Claudio Angelini

Caulocistidi presenti e numerosi solo nella zona stipitale compresa dal velo parziale, singoli od emergenti a ciuffi di numerosi elementi di varia forma – perlopiù fusoidi, cilindrici, lageniformi, ma a volte anche lobati o capitulati e con dimensioni variabili, mediamente inferiori o a volte analoghi a quelli dei pileocistidi ($20-42 \times 6-15 \mu\text{m}$) (Fig. 16).

Unioni a fibbia presenti in tutti i tessuti, anche alla base dei basidi, particolarmente numerosi ed evidenti nella trama dell’anello.

Habitat specie autunnale, terricola, gregaria, ad esemplari singoli o formanti piccoli cespi

di 2-3-4 soggetti. Nell’unica stazione nota, a crescita fedele in un giardino privato, a ridosso del fusto o seguendone il percorso delle radici, di un rigoglioso glicine giapponese [*Wisteria floribunda* (Willd.) DC.] (Foto 4).

Commestibilità specie sicuramente commestibile, da anni consumata dai proprietari del fondo avendola scambiata per un “pioppino” (*Agrocybe cylindracea*) del glicine.

Raccolte esaminate: *Cyclocybe erebioides*. Porcia (PN), Italia, 20 esemplari raccolti il 05.10.2012, leg. C. Angelini (Foto 1, nessun campione conservato); *ibidem*, 15 esemplari raccolti il 14.10.2013, leg. C. Angelini (MCVE27720, *holotypus*) (Foto 2); erbario personale ANGE96 (*isotypus*).

Collezioni supplementari esaminate: *Cyclocybe cylindracea*. Fiesso di Castenaso (BO), boschetto golenale, su un ceppo di *Populus* sp., il 21.04.1993, leg. G. Consiglio e G. Spisni



Foto n. 3. *Cyclocybe erebioides*: a) Pileo: bordo igrofano e striato; b) Pileo: superficie corrugata; c) Anello: a "ruota dentata"; d) Lamelle: filo sterile.

Foto di Claudio Angelini



Foto n. 4. *Cyclocybe erebioides*. Stazione di crescita, alla base di un glicine giapponese [*Wisteria floribunda* (Willd.) DC (MCVE27720)]. Foto di Claudio Angelini



Foto n. 5. *C. cylindracea*. Esemplari raccolti su salice (ANGE315).

Foto di Claudio Angelini



Foto n. 6. *C. cylindracea*. Spore (ANGE315), Bar = 10 µm.

Foto di Claudio Angelini

(Erbario Consiglio n. GC 93008). Torino, coltivato, mercato ortofrutticolo, 22.04.2014, leg. A. Vizzini (TO AV97345a). Azzano X° (PN), 8 esemplari su ceppaia di salice, 28.03.2014, leg. C. Angelini (ANGE315). Porcia (PN), negozio ortofrutta, 08.04.2014 (acquistato negozio ortofrutta), leg. C. Angelini (ANGE318).

Filogenesi molecolare

La topologia degli alberi filogenetici ottenuti con l'Inferenza Bayesiana si è mostrata sovrapponibile a quella degli alberi derivati dall'analisi Maximum Likelihood; vengono pertanto riportati in Alberi 1 e 2 solo gli alberi Bayesiani con i valori di BPP e MLB. Il dataset LSU analizzato comprende 80 sequenze (di cui 77 da GenBank), mentre il dataset ITS comprende 122 sequenze (di cui 116 da GenBank e 1 da UNITE). Gli allineamenti risultanti sono comprensivi di 1122 bp e 771 bp caratteri di lunghezza, il 27,1% e il 58,9% di siti variabili, rispettivamente per LSU e ITS.

Nell'albero LSU (Albero 1) il genere *Agrocybe* si dimostra polifiletico e le specie si distribuiscono in 4 cladi. La nuova specie si localizza nell'*Agrocybe* partim 1 (*Cyclocybe*) con *A. cylindracea*, *A. parasitica* ed *A. erebia*. Nell'albero ITS (Albero 2), focalizzato sul clade *Agrocybe* partim 1, la nuova specie si dimostra indipendente da tutte le altre e le sequenze riferibili ad *A. cylindracea* (riportate in GenBank anche come *A. aegerita*, *A. cylindrica*) formano due cladi distinti (Clade 1 e Clade 2).

Discussione

Polifileticità di *Agrocybe* e rinascita di *Cyclocybe*

La sistematica infragenerica di *Agrocybe* è stata finora basata solo sui caratteri morfologici. Principalmente: presenza/assenza di velo parziale, numero di spore per basidio, forma e dimensione delle spore, presenza/assenza di un poro germinativo sporale ben definito, presenza/assenza di pleurocistidi e di pileocistidi e spessore della parete dei cistidi (SINGER, 1977; BON, 1980; WATLING, 1982; SINGER, 1986; NAUTA 1987, 2005; RYMAN 2012). Tutti gli autori moderni riconoscono un sottogenere *Agrocybe* per le specie con spore dotate di poro germinativo ben evidente ed un sottogenere *Aporus* Singer per le specie con spore senza poro o con poro poco evidente; entrambi i sottogeneri vengono poi articolati in più sezioni.

GONZALEZ & LABARÈRE (1998) furono i primi a mostrare in *Agrocybe* una certa eterogeneità, analizzando i domini V4, V6 e V9 della subunità piccola del DNA ribosomale mitocondriale (mtSSU rDNA). Confrontando le strutture secondarie di questi domini, 4 gruppi sono stati messi in evidenza: gruppo I, con *A. aegerita* (V. Brig.) Singer [ora *A. cylindracea* (DC.) Maire], *A. chaxingu* Huang (ined.) ed *A. erebia* (Fr.) Kühner ex Singer; gruppo II, con *A. pediades* (Fr.) Fayod; gruppo III, con *A. paludosa* (J.E. Lange) Kühner & Romagn. ex Bon, *A. firma* (Peck) Singer, *A. alnetorum* Lamoure ed *A. praecox* (Pers.) Fayod; gruppo IV, con *A. dura* (Bolton) Singer ed *A. vevacti* (Fr.) Singer.

In REES ET AL. (2003) *A. parasitica* G. Stev. (un taxon del complesso di *A. cylindracea*) si posiziona molta distante da *A. praecox* e nell'analisi multigenica di MATHENY ET AL. (2006) *A. erebia* è filogeneticamente lontana dal complesso di specie che fanno capo alla specie tipo *A. praecox* e risulta vicina alle *Tubariaceae* Vizzini.

Nel nostro albero LSU il genere *Agrocybe* è altamente polifiletico e le specie esaminate si distribuiscono in 4 cladi (Albero 1). *Agrocybe* s. stricto comprende sequenze di *A. praecox*, *A. smithii* Watling & H.E. Bigelow, *A. putaminum* (Maire) Singer e *A. pediades* (= gruppo II + gruppo III di GONZALEZ & LABARÈRE 1998); *Agrocybe* partim 1 comprende *A. erebia*, *A. erebioides*, *A. cylindracea* e *A. parasitica* (= gruppo I di GONZALEZ & LABARÈRE 1998). *Agrocybe* partim 2 comprende *A. arvalis*. *Agrocybe* partim 3 comprende *A. dura* e *A. vevacti* ed una collezione (AF291287) mal identificata di *A. praecox* (= gruppo IV di GONZALEZ & LABARÈRE 1998).

Agrocybe erebia e *A. cylindracea* venivano finora collocate rispettivamente nel sottogenere *Aporus*, sezione *Velatae* Singer (pileo con toni brunastro scuri, velo parziale ben sviluppato, terrestri, spore allungato-fusiformi e a sommità stirata) e sezione *Aporus* Singer (pileo con colori più chiari, velo parziale ben sviluppato, lignicole, spore a sommità ottusa con poro indistinto)

(SINGER, 1977; BON, 1980; WATLING, 1982; SINGER, 1986; NAUTA, 1987). Le nostre analisi dimostrano che queste due specie sono congeneriche e distanti da *Agrocybe* s.s. ed insieme alla nuova specie e taxa viciniore necessitano quindi di essere inserite in un genere distinto da *Agrocybe*.

Ricercando fra i vecchi generi che potessero aver come specie tipo *A. erebia* o *A. cylindracea*, ci siamo accorti che COOKE (1953) aveva suggerito *Inocybe annulata* Velen. (1920) come il tipo di *Cyclocybe* Velen., proposta questa appoggiata successivamente da DONK (1962), che scelse *I. annulata* come lectotypus di *Cyclocybe*. Per KUYPER (1985), che ha esaminato materiale originale, *I. annulata* rappresenta senza dubbio *Agrocybe erebia*. Secondo SVRČEK (1966) sarebbero da ricondurre ad *A. erebia* anche *Cyclocybe mnichovicensis* Velen. (1939) e *C. pragensis* Velen. (1939).

Conseguentemente, abbiamo ricombinato *A. erebia* e le specie del complesso *A. cylindracea* in *Cyclocybe* (VIZZINI, 2014) e la nuova specie viene inserita in questo genere. *Cyclocybe* viene quindi a comprendere le grandi specie di "*Agrocybe*" con anello membranoso e spore con poro germinativo rudimentale o assente.

***Cyclocybe erebioides* e specie affini**

Cyclocybe erebioides è stata finora raccolta due volte in una stessa stazione ed in associazione con le radici del glicine giapponese; non si può quindi escludere una sua origine alloctona. Sulla base di tutta la letteratura mondiale esaminata, non esiste nessuna *Agrocybe* già descritta che possa essere ricondotta a questo taxon. La nostra nuova specie presenta forti analogie macro- e micromorfologiche con *C. erebia* (Fr.) Vizzini & Matheny, che si differenzia per la superficie pileica viscidula e non fortemente grinzoso-corrugata, il velo parziale meno consistente, che lascia evidenti residui sul margine pileico e dà origine ad un anello più sottile, non a "ruota dentata", per la carne amara più fortemente imbrunente-annerente e, microscopicamente, per la pileipellis gelificata, i basidi prevalentemente bisporici, i cheilocistidi per lo più clavato-piriformi o largamente utriformi, le spore più larghe (es., in media $\times 6,0-6,5$ per NAUTA 2000; in media $\times 6,25$ μm e $Q_m = 1,72$ e $\times 6,58$ μm e Q_m è $1,73$ in due raccolte di ZUGNA 2014) e l'assenza o estrema rarità delle unioni a fibbia (SINGER, 1977; BON, 1980; MORENO & NEGUERUELA, 1982; WATLING, 1982; ENDERLE, 1985; KRIEGLSTEINER, 1985; SINGER, 1986; NAUTA, 1987, 2005; CHERUBINI, 1989; BREITENBACH & KRÄNZLIN, 1995; LUDWIG, 2001; GERAULT, 2005; RYMAN, 2012; ZUGNA 2014). In accordo con KRIEGLSTEINER (1985) e NAUTA (1987, 2005) *Agrocybe brunneola* (Fr.) Bon sensu BON (1979, 1980), MOSER (1978) e WATLING (1982) ed *A. ombrophila* (Fr.) Konrad & Maubl. sensu BON (1980), MOSER (1978) e WATLING (1982) sono riconducibili ad *A. erebia*, mentre nel senso originale corrispondono ad *A. praecox*.

L'analisi delle sequenze LSU ed ITS permette di separare nettamente *C. erebioides* da *C. erebia* (Alberi 1 e 2); inoltre le sequenze ITS di *C. erebia* presenti in GenBank ed UNITE si distribuiscono in 3 cladi distinti (Albero 2), facendo pensare o all'esistenza di più crypto specie all'interno di "erebia" o ad errori di determinazione delle collezioni. Anche nell'albero LSU (Albero 1) le uniche due sequenze presenti come *A. erebia* (DQ457663 USA e EU029947 SVEZIA) sembrerebbero corrispondere a due taxa vicini ma distinti.

Fra gli altri taxa con analogie morfologiche, *A. aeppla* Singer ad int. (Stati Uniti) presenta un pileo non striato, anello fugace, basidi prevalentemente bisporici (ma misti a diversi tri- e tetrasporici), spore fino a $15,5$ μm di lunghezza ed assenza di unioni a fibbia (SINGER, 1977). *A. lazoi* Singer, descritta dal Cile, è caratterizzata da un pileo ocraceo-giallastro, anello semplice e fugace, spore piccole ($7-8,5 \times 4-5,5$ μm), ellissoidali, (SINGER, 1969, 1977). Altre specie americane sembrerebbero molto vicine a "erebia", come *A. acericola* - "aggericola" - (Peck) Singer, *Pholiota indecens* Peck, *P. subnigra* Murrill, *P. washingtonensis* Murrill, ma i protologhi sono scarni ed occorrerebbe una revisione del materiale originale (MURRILL, 1912, OVERHOLTS, 1927, SINGER, 1977).

Cyclocybe cylindracea (DC.) Vizzini & Angelini è lignicola, presenta un pileo non così grinzoso-corrugato in senso radiale, con margine non igrofano e non striato, carne più spessa, non imbrunente, con odore forte ed aromatico, anello più semplice e non striato superiormente, spore ellittiche, sub-faseoliformi, non fusiformi, con poro germinativo quasi indistinto (assottigliamento della parete come da Foto 6), mediamente più piccole e larghe $9,2 \times 5,3$ μm sulla base delle nostre raccolte, $9,5-11,0 \times 5,5-6,0$ μm secondo NAUTA (2005), cheilocistidi e pleurocistidi per lo più clavati e

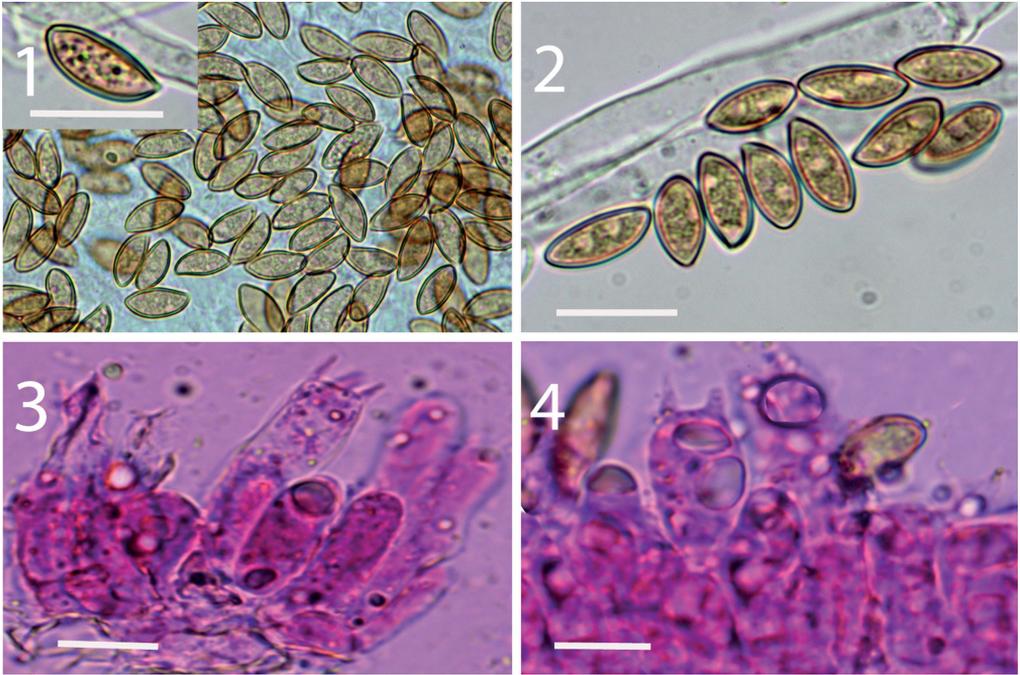


Figure 1-4. *C. ereboides*: (1-2) spore in acqua; (3) basidi tetrasporici (in Phloxin B); (4) basidi bisporici (in Phloxin B) (MCVE27720). Bar = 13 μ m. Foto di Claudio Angelini

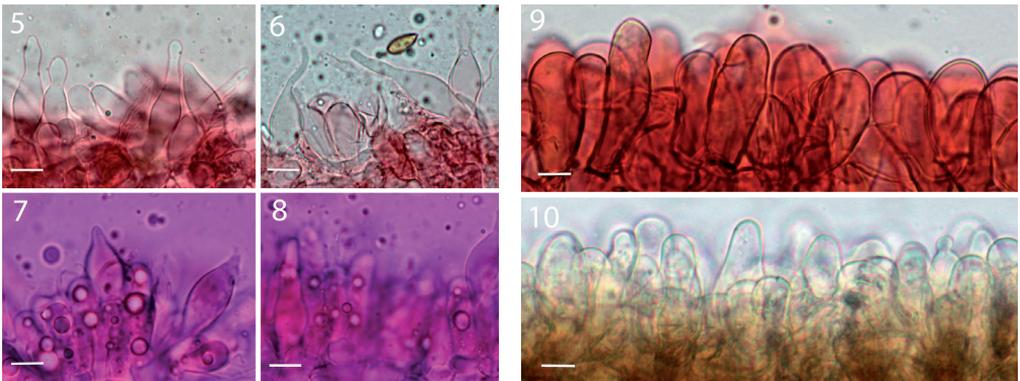


Figure 5-8. *C. ereboides*: (5-6) cheilocistidi (in Rosso Congo); (7-8) pleurocistidi (in Phloxin B) (MCVE27720). Bar = 10 μ m. Foto di Claudio Angelini

Figure 9-10. *C. ereboides*: (9-10) pileipellis (in Rosso Congo e acqua) (MCVE27720). Bar = 10 μ m. Foto di Claudio Angelini

caulocistidi assenti (SINGER, 1977; BON, 1980; WATLING, 1982, 1992; NAUTA 1987, 2005; BREITENBACH & KRÄNZLIN, 1995; LUDWIG, 2001; GERAULT, 2005; UHART & ALBERTÓ, 2007; RYMAN, 2012).

A. rivulosa Nauta ricorda *C. ereboides* per il pileo corrugato-grinzoso, ma molto viscido e più pallido, le spore sono grandi, non fusiformi, larghe fino a 8,5 μ m e con poro evidente, pileocistidi assenti o molto rari; su residui legnosi (NAUTA, 2003, 2005).

A. pseudoerebia Har. Takah. dal Giappone presenta un velo fugace non formante un annulus, spore piccole, 7,5-8,5 \times 3,5-4,5 μ m, basidi tri-tetrasporici e manca di pleurocistidi e di pileocistidi (TAKAHASHI, 2001).

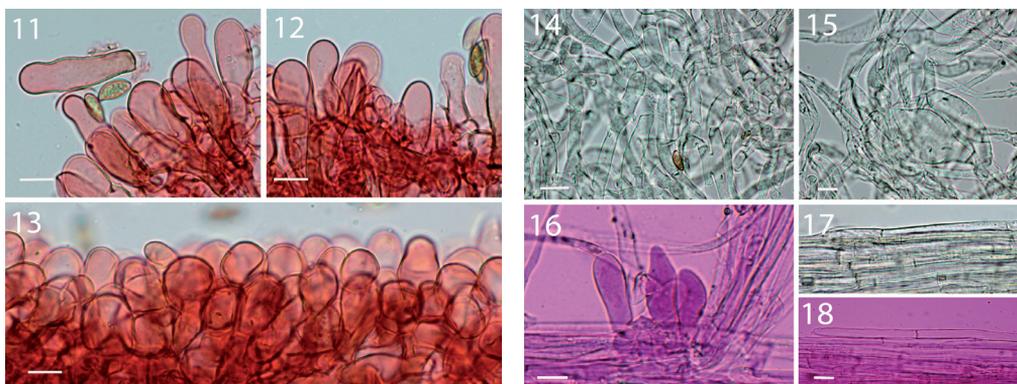


Figure 11-13. *C. erebioides*: (11-12) pileocistidi (in Rosso Congo); (13) pileipellis (in Rosso Congo) (MCVE27720). Bar = 10 μ m. Foto di Claudio Angelini

Figure 14-18. *C. erebioides*: (14-15) ifed delveloparziale (in acqua); (16) caulocistidi (in Phloxin B); (17-18) caulocute (in acqua e Phloxin B). (MCVE27720). Bar = 10 μ m. Foto di Claudio Angelini

Il complesso di *Cyclocybe cylindracea*

Specie di grande interesse commerciale, come specie edule, di valore farmacologico e biotecnologico (es. ZHAO ET AL., 2003; LEE ET AL., 2009; JI ET AL., 2013; KOUTROTSIOS ET AL., 2014; LIANG ET AL., 2014 e numerosi brevetti), *C. cylindracea* viene coltivata in molte nazioni [come *Agrocybe aegerita*, *A. cylindracea*, *A. cylindrica* o *A. chaxingu* (PHILIPPOUSSIS ET AL., 2001; UHART ET AL., 2008; CHEN ET AL., 2012)]. Allo stato selvatico è segnalata in ogni continente, ma rara in Nord America (WATLING, 1992).

Tradizionalmente si presenta estremamente variabile, polimorfica (colorazioni pileiche, dimensioni spore, tipo di poro germinativo, numero di sterigmi dei basidi, forma di cheilo- e pleurocistidi, pianta ospite) tanto da essere stata considerata da alcuni micologi specie collettiva, probabilmente includente più microspecie (SINGER, 1977; BON, 1980; WATLING & GREGORY, 1981; SINGER, 1986; WATLING, 1992; GERAULT, 2005), analogamente ad *A. praecox* (FLYNN & MILLER, 1990). Alcuni lavori hanno quindi cercato di analizzare questa variabilità, sia su base morfologica che molecolare.

SIRAND-PUGNET & LABARÈRE (2002) hanno comparato le sequenze del gene Pri3 di collezioni determinate come *A. cylindracea* provenienti da Argentina, Cina, Francia, Guatemala, Italia, Repubblica Ceca e Thailandia, mettendo in evidenza una netta divergenza tra le collezioni Europee e quelle Asiatiche/centro e sudamericane. UHART & ALBERTÓ (2007) hanno esaminato morfologicamente una serie di collezioni dall'Argentina, Cina, Giappone, Guatemala, Francia, Scozia, distinguendo due morfotipi: il tipo 1 con basidi 1-4 sporici e spore $(8)9-11 \times 5-6 \mu$ m del Centro e Sud America, Europa ed Asia; il tipo 2 con basidi bisporici e spore $10-16(17) \times 5-9(10) \mu$ m, limitato al Sud America ed Asia. Le relazioni tra questi due morfotipi ed i due gruppi individuati da Sirand-Pugnet & Labarère non sono state indagate. Sempre UHART & ALBERTÓ (2007) hanno osservato che "*A. chaxingu* Huang", una specie cinese descritta informalmente, rientra nel morfotipo 1-4 sporico (tipo 1) di *A. cylindracea*. UHART ET AL. (2007) paragonando i domini variabili dell'mtSSU-rDNA, hanno messo in evidenza l'esistenza di 3 cladi all'interno del complesso di *A. cylindracea*: un clade Europeo ed un clade Argentino (vicini tra loro) ed un clade distante Asiatico-Americano che include strains (ceppi) di *A. cylindracea* e *A. chaxingu* ben distinti.

A seguito di studi di interfertilità miceliare, UHART & ALBERTÓ (2009) hanno descritto la nuova specie *A. wrightii* Uhart & Albertó dall'Argentina (ceppo WT-54) all'interno del morfotipo 1-4 sporico. CALLAC ET AL. (2011) hanno confrontato da un punto di vista molecolare, morfologico e di interfertilità uno strain francese selvatico di *A. cylindracea* con uno strain asiatico coltivato sotto il nome di *A. chaxingu*. Nonostante lo strain asiatico presentasse evidenti differenze morfologiche e molecolari (analisi di nrDNA, mtSSU-rDNA e del gene mitocondriale cob) con lo strain francese, i due strain erano completamente interfertili (con produzione di ibridi), facendo propendere per uno status di conspecificità.

CHEN ET AL. (2012) per uno studio sul complesso *A. cylindracea* in Cina sudoccidentale hanno analizzato le sequenze mtSSU-rDNA, ITS (con metodo della Massima parsimonia) e svolto dei mating tests includendo anche collezioni francesi, argentine e guatemalteche. L'analisi delle sequenze mtSSU-rDNA ha messo in evidenza 3 cladi distinti e quella delle sequenze ITS due cladi, I and II, ulteriormente suddivisibili in subcladi (IA, IB, IC e IIA, IIB, IIC), con una certa correlazione geografica (come in *A. praecox*, FLYNN & MILLER, 1990).

Infine, le analisi filogenetiche di COOPER (2012) e quella prodotta nel nostro lavoro (Albero 2), entrambe basate sulle sequenze ITS, mostrano come le collezioni di *C. cylindracea* s.l. si raggruppano in due grossi cladi: Clade 1 e Clade 2, in maniera comparabile a quella di CHEN ET AL. (2012).

Il Clade 1 contiene solo collezioni nominate *A. aegerita*/*A. cylindracea*, tra le quali tutte le 4 le raccolte italiane che abbiamo sequenziato, due selvatiche (ANGE315 e GC 93008) e due coltivate (ANGE318 e TO AV97345a); il Clade 2 anche collezioni nominate *A. chaxingu* e *A. parasitica*. Il Clade 1 è omogeneo mentre il Clade 2 è ulteriormente strutturato in più subcladi che potrebbero rappresentare taxa differenti. I due cladi corrispondono ad almeno due specie diverse.

Il Clade 1 contiene collezioni europee (Francia, Georgia, Germania, Italia, Spagna, Ungheria) ed asiatiche (Cina, India e Corea). Il Clade 2 contiene collezioni europee (Francia, Germania), asiatiche (Cina, India, Taiwan, Thailandia), della Nuova Zelanda e Argentina. Quindi almeno due specie distinte sono nascoste sotto il nome di *A. cylindracea* in Europa ed entrambe sono ampiamente diffuse nell'emisfero boreale, molto meno in quello australe. Il problema che a questo punto sorge è quello di quale nome di specie utilizzare per i due cladi e se questi hanno una qualche relazione con i due morfotipi 1-4-sporico e 2-sporico precedentemente individuati da UHART & ALBERTÓ (2007).

In generale le descrizioni di *A. cylindracea* dell'emisfero boreale fanno riferimento a basidiomi con basidi prevalentemente tetrasporici e spore 8-11 × 5-6 µm senza poro germinativo evidente e crescita preferibilmente con *Salicaceae* (*Populus* spp. e *Salix* spp.) (es. WATLING, 1982; NAUTA 1987, 2005; YANG ET AL. 1993 e raccolta ANGE315, Foto 6). Ciò corrisponderebbe al morfotipo 1 di UHART & ALBERTÓ (2007) ed alle collezioni presenti nel Clade 1.

Per quanto riguarda l'emisfero australe, SINGER (1950, 1969) ha inserito *Pholiota crassivela* (Speg.) Speg., *P. impudica* Speg., *P. formosa* Speg. e *P. phyllicigena* (Berk.) Sacc. in sinonimia con *A. aegerita* (V. Brig.) Singer, vale a dire taxa con superficie pileica corrugata o meno, basidi bi-tetrasporici, spore con dimensioni variabili, con o senza evidente poro germinativo, diversa forma ed abbondanza dei cheilo- e pleurocistidi, alberi ospiti diversi; l'autore tedesco si pone il dubbio se questa eterogeneità morfologica rientri nell'ambito di un'ampia variabilità intraspecifica o se rifletta la presenza di taxa differenti. WATLING (1992), sulla base di collezioni dall'Argentina, descrive *P. crassivela* come specie robusta e fortemente velata, con ampia variazione morfologica, strettamente bisporica (11-13 × 6-7 µm) con pleuro e cheilocistidi sia vescicolosi che lanceolati. Rientrerebbe nel morfotipo 2 di UHART & ALBERTÓ (2007). Descritta però come associata al pioppo, potrebbe essere un taxon introdotto dall'emisfero nord. Sempre dall'Argentina è stata descritta *A. wrightii* (UHART & ALBERTO, 2009), a pileo giallastro, 1-4 sporica, a spore piccole, (7-8)9-10(11) × 5-6(7) µm, con poro germinativo molto piccolo, intersterile con i ceppi di *A. cylindracea* provenienti da Europa, Asia e SudAmerica.

Un taxon ben caratterizzato e del quale possediamo una sequenza ITS [che ricade nel Clade 2 (COOPER 2012, Albero 2)] è *A. parasitica*, entità descritta da STEVENSON (1982) dalla Nuova Zelanda come patogena di specie del genere *Plagianthus* e *Hoheria*, ma poi segnalata anche su alberi alloctoni. È caratterizzata da velo membranoso, spesso, persistente, che si stacca dal margine pileico solo tardivamente, basidi prevalentemente tetrasporici (ma anche bisporici, vedi WATLING & TAYLOR, 1987) e spore 9-12 × 6-7 µm con poro germinativo ben distinto e cheilo- e pleurocistidi ampollacei (STEVENSON, 1982, COOPER, 2012). Conosciuta come specie edule con il nome di "Tawaka" dalle popolazioni Maori (FULLER ET AL., 2004), è specie sicuramente indigena (WATLING & TAYLOR, 1987). *A. parasitica* è stata raccolta anche in Australia (HOOD, 2003, FUHRER, 2005) e nelle Hawaii (HEMMES & DESJARDIN, 2002). Presenta caratteri intermedi tra il morfotipo 1 e 2 di UHART & ALBERTÓ (2007), vale a dire basidi prevalentemente tetrasporici, ma spore grandi del morfotipo 2.

Sembrirebbe quindi ragionevole utilizzare per il Clade 1 il taxon comune in Europa su *Salicaceae* (vedi anche nostre collezioni, ANGE315 e GC 93008), che è tetrasporico, possiede spore piccole e

con poro germinativo indistinto (morfotipo 1), vale a dire *C. cylindracea*, che è presente anche in Asia (Albero 2) (vedi descrizione indiretta di YANG ET AL., 1993). Il Clade 2, più eterogeneo, include *Agrocybe parasitica* (il taxon coltivato asiatico *Agrocybe chaxingu*) e alcune collezioni di *cylindracea/aegerita* dall'Asia (Cina, Giappone, etc), Argentina, Francia e Germania. Come dimostrato da CHEN ET AL. (2012), COOPER (2012) e come si evince da nostro albero (Albero 2), *Agrocybe chaxingu* è conspecifica con *A. parasitica* e lo sono anche tutte le altre collezioni del Clade 2 (Albero 2). Ricordiamo a questo proposito come un ceppo di *A. chaxingu* si era rivelato conspecifico ad un ceppo francese (SM 47) di *A. cylindracea* (CALLAC ET AL., 2011), rimarcando la presenza di questa entità anche in territorio europeo. La collezione argentina (*Agrocybe aegerita* FN397955, Tucuman) in via ipotetica potrebbe corrispondere a *Pholiota crassivela* (strettamente bisporica e con spore grandi) o ad *A. wrightii*, 1-4 sporica e spore piccole, che però è intersterile con le collezioni di *A. cylindracea* del resto del mondo (UHART & ALBERTÓ, 2009); inoltre, in accordo con CHEN ET AL. (2012), la sequenza mtSSU-rDNA di *A. wrightii* (della quale non è presente in GenBank la sequenza ITS) è sister alle sequenze di *A. salicaceicola*. Le sequenze ITS ci indicano che *A. salicaceicola* è specie diversa da *A. cylindracea* s. lato (vedi sotto), suggerendo che anche *A. wrightii* possa essere effettivamente una "buona" specie.

In conclusione, allo stato attuale delle conoscenze, conviene adottare per il Clade 1 il nome di *Cyclocybe cylindracea* e per il Clade 2 quello di *C. parasitica*. Sarà necessario il sequenziamento di più collezioni da tutto il mondo accompagnate da accurate descrizioni morfologiche per potere in futuro assegnare i nomi in modo più corretto.

Il nostro lavoro mette anche in evidenza l'indipendenza di "*A. salicaceicola*" (questo il nome assegnato alle sequenze in GenBank), che risulta sister al Clade 1 di *C. cylindracea* e che presenta al suo interno una certa eterogeneità nelle sequenze (forse 3 taxa?) (Albero 2). Specie cinese, tipica delle *Salicaceae*, originariamente descritta come "*Agrocybe salicicola*" (YANG ET AL., 1993), ma il nome grammaticalmente corretto è *A. salicaceicola*, presenta una morfologia perfettamente coincidente con quella di *C. cylindracea*-Clade 1 (quindi morfotipo 1), ma si distingue morfologicamente per il pileo pallido, eburneo, le lamelle decorrenti e la mancanza di clamidospore in coltura (tipiche invece di *C. cylindracea*, vedi figure 1-5 in YANG ET AL. (1993).

Infine segnaliamo che recentemente è stata descritta dall'India *A. wayanadensis* (AGRETIUS THOMAS & MANIMOHAN, 2003), specie strettamente bisporica, con spore grandi, 9-16,5 × 5,5-8 µm, poro germinativo largo fino a 1,5 µm e presenza di caulocistidi. Morfologicamente appartiene al morfotipo 2 di UHART & ALBERTÓ (2007). Risulterà utile, in futuro, approfondire il suo status dal punto di vista molecolare.

Ringraziamenti

Si ringraziano Giovanni Consiglio per aver messo a disposizione una collezione di *Cyclocybe cylindracea*, Gabrielle Cacialli e Laura Guzmán Dávalos per l'invio di letteratura.

Indirizzi degli autori

ALFREDO VIZZINI, ENRICO ERCOLE

Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino,
Viale P.A. Mattioli 25, 10125, Torino, Italia.

E-mail: alfredo.vizzini@unito.it

CLAUDIO ANGELINI

Via Tulipifero 9, 33080, Porcia (PN), Italia.

E-mail: claudio_angellini@libero.it

Bibliografia

AGRETIUS THOMAS K. & MANIMOHAN P. – 2003: *The genus Agrocybe in Kerala State, India*. Mycotaxon 86: 317-333.

BON M. – 1979: *Novitates - Taxons nouveaux*. Doc. Mycol. 10(37-38): 89-92.

BON M. – 1980: Revision du genre *Agrocybe* Fayod. Bull. Trimestr. Féd. Mycol. Dauphiné-Savoie 76: 32-36.

- BREITENBACH J. & KRÄNZLIN F. – 1995: *Champignons de Suisse. Tome 4. Champignons à lames 2^{ème} partie.* Mykologia, Luzern.
- CALLAC P., GUINBERTEAU J., FERANDON C. & BARROSO G. – 2011: *An Asian commercial strain of Agrocybe chaxingu and a European wild strain of Agrocybe cylindracea exhibiting morphological difference and high genetic divergence are interfertile.* Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7) 2011: 113-122.
- CHEN W-M., CHAI H-M., ZHOU H-M., TIAN G-T., LI S-H., ZHAO Y-C. – 2012: *Phylogenetic analysis of the Agrocybe aegerita multispecies complex in Southwest China inferred from ITS and mtSSU rDNA sequences and mating tests.* Ann. Microbiol. 62: 1791-1801.
- CHERUBINI A. – 1989: *Agrocybe erebia (Fr.) Kühn. Un fungo raro nella nostra provincia.* Boll. AMER 16: 4-8.
- COOKE W.B. – 1953: *The genera of the Homobasidiomycetes (exclusive of the Gastromycetes).* Division of Mycology and Disease Survey, U.S. Dept. Agr., Beltsville.
- COOPER J. – 2012: *Mycological Notes 19: Agrocybe parasitica and related species.* http://www.funanz.org.nz/sites/default/files/MycNotes19-AgrocybeParasitica_1.pdf
- DONK M.A. – 1962: *The generic names proposed for Agaricaceae.* Beih. Nova Hedwigia 5: 1-320.
- ENDERLE M. – 1985: *8. Beitrag zur Kenntnis der Ulmer Pilzflora: Bemerkenswerte Agaricales-Funde I.* Z. Mykol. 51(1): 5-42.
- FELSENSTEIN J. – 1985: *Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap.* Evolution 39: 783-791.
- FLYNN T. & MILLER OK. – 1990: *Biosystematics of Agrocybe molesta and sibling species allied to Agrocybe praecox in North America and Europe.* Mycol. Res. 94: 1103-1110.
- FUHRER B. – 2005: *A Field Guide to Australian Fungi.* Blooming Books, Melbourne.
- FULLER R.J.M., BUCHANAN P. & ROBERTS M. – 2004: *Maori Knowledge of Fungi/Mātauranga o ngā harore.* Ch3. In: MCKENZIE E.H.C. (ed.), *Introduction to Fungi of New Zealand*, vol. 1, Fungal Diversity Press, Hong Kong, pp. 81-118.
- GARDES M. & BRUNS T.D. – 1993: *ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts.* Mol. Ecol. 2: 113-118.
- GARNICA S., WEISS M., WALTHER G. & OBERWINKLER F. – 2007: *Reconstructing the evolution of agarics from nuclear gene sequences and basidiospore ultrastructure.* Mycol. Res. 111: 1019-1029.
- GERAULT A. – 2005: *Florule évolutive des Basidiomycotina du Finistère.* Homobasidiomycetes. Agaricales. Version 2.1.
- GONZALEZ P. & LABARÈRE J. – 1998: *Sequence and secondary structure of the mitochondrial small-subunit rRNA V4, V6, and V9 domains reveal highly species-specific variations within the Genus Agrocybe.* Appl. Environ. Microbiol. 64(11): 4149-4160.
- GULDEN G., STENSRUD O., SHALCHIAN-TABRIZI K. & KAUSERUD H. – 2005: *Galerina Earle: a polyphyletic genus in the consortium of dark-spored agaric.* Mycologia 97: 823-837.
- HALLEN H.E., WATLING R. & ADAMS G.C. – 2003: *Taxonomy and toxicity of Conocybe lactea and related species.* Mycol. Res. 107(8): 969-979.
- HEMMES D.E. & DESJARDIN D.E. – 2002: *An Identification Guide – Mushrooms of Hawaii.* Ten Speed Press, Berkeley, CA.
- HESLER L.R. & SMITH A.H. – 1968: *The North American species of Pholiota.* Hafner Publishing Co., New York.
- HOOD I.A. – 2003: *An introduction to fungi on wood in Queensland.* Botany, School of Environmental Sciences and Natural Resource Management, University of New England, Armidale, New South Wales, Australia.
- HUELSENBECK J.P. & RONQUIST F. – 2001: *MrBayes: Bayesian inference of phylogeny.* Bioinformatics 17: 754-755.
- JI Y., ZHENG M.F., YE S.G., WU X.B., CHEN JY. – 2013: *Agrocybe aegerita polysaccharide combined with chemotherapy improves tumor necrosis factor-alpha and interferon-gamma levels in rat esophageal carcinoma.* Dis. Esophagus 26(8): 859-863.

- KATO H. K., MISAWA K., KUMA K. & MIYATA T. – 2002: MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucl. Acids Res.* 30: 3059-3066.
- KOUTROTSIOS G., MOUNTZOURIS K.C., CHATZIPAVLIDIS I. & ZERVAKIS G.I. – 2014: Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi - Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food Chem.* 161: 127-135.
- KRIEGLSTEINER G.J. – 1985: Über neue, kritische Makromyzetten in der Bundesrepublik Deutschland (Mitteleuropa). *VI. Z. Mykol.* 51(1): 85-130.
- LEE B.R., KIM S.Y., KIM D.W., AN J.J., SONG H.Y., YOO K.Y., KANG T.C., WON M.H., LEE K.J., KIM K.H., JOO J.H., HAM H.J., HUR J.H., CHO S.W., HAN K.H., LEE K.S., PARK J., CHOI S.Y. & EUM W.S. – 2009: *Agrocybe chaxingu* polysaccharide prevent inflammation through the inhibition of COX-2 and NO production. *BMB Rep.* 42: 794-799.
- LIANG Y., LIU H.H., CHEN Y.J. & SUN H. – 2014: Antitumor Activity of the Protein and Small Molecule Component Fractions from *Agrocybe aegerita* Through Enhancement of Cytokine Production. *J. Med. Food* 17(4): 439-446.
- LUDWIG E. – 2001: *Pilzkompendium. Band 1. Beschreibungen.* IHW-Verlag, Eching.
- MATHENY P.B., CURTIS J.M., HOFSTETTER V., AIME M.C., MONCALVO J.M., GE Z-W., YANG Z-L., SLOT J.C., AMMIRATI J.F., BARONI T.J., BOUGHER N.L., HUGHES K.W., LODGE D.J., KERRIGAN R.W., SEIDL M.T., AANEN D.K., DENITIS M., DANIELE G.M., DESJARDIN D.E., KROPP B.R., NORVELL L.L., PARKER A., VELLINGA E.C., VILGALYS R. & HIBBETT D.S. – 2006: Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia* 98, 982-995.
- MONCALVO J.M., VILGALYS R., REDHEAD S.A., JOHNSON J.E., JAMES T.Y., AIME M.C., HOFSTETTER V., VERDUIN S.J.W., LARSSON E., BARONI T.J., THORN G., JACOBSSON S., CLÉMENÇON H. & MILLER OK JR. – 2002: One hundred and seventeen clades of euagarics. *Mol. Phylogenet. Evol.* 23: 357-400.
- MORENO G. & NEGUERUELA A.V. – 1982: Estudios sobre Basidiomycetes (Agaricales). *Coll. Bot.* 13(2): 573-586.
- MOSER MM. – 1978: *Die Röhrlinge und Blätterpilze (Agaricales). IIB/2, edizione?* Fischer, Stuttgart.
- NAUTA M.M. – 1987: *Revisie van de in Nederland voorkomende soorten van het geslacht Agrocybe (Leemhoeden).* Rijksherbarium, Leiden.
- NAUTA M.M. – 2003: A new *Agrocybe* on woodchips in northwestern Europe. *Persoonia* 18: 271-274.
- NAUTA M.M. – 2005. *Agrocybe* Fay. In: NOORDELOOS M.E., KUYPER TH.W. & VELLINGA E.C. (eds), *Flora agaricina neerlandica* 5. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, pp. 204-221.
- OVERHOLTS L.O. – 1927: A monograph of the Genus *Pholiota* in the United States. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 14(2): 87-211.
- PHILIPPOUSSIS A., ZERVAKIS G. & DIAMANTOPOULOU P. – 2001: Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus spp.* *World J. Microbiol. Biotechnol.* 17: 191-200.
- REES B.J., MARCHANT A.D., ZUCCARELLO G.C., HESLEWOOD M.M. & BARTLETT J. – 2003: A southern hemisphere contribution to the phylogenetic study of agarics. *Australasian Mycologist* 21(3): 102-110.
- RYMAN S. – 2012: *Agrocybe Fayod* In: KNUDSEN H. & VESTERHOLT J. (eds), *Funga Nordica, 2nd edition (2-volume set). Agaricoïd, boletoid, clavarioïd, cyphelloïd and gastroid genera.* Nordsvamp, Copenhagen, pp. 928-931 (Vol. 2).
- SINGER R. – 1950: *Naucoria Fries and affinitive genera in the USSR.* *Acta Inst. Bot. Komarov. Acad. Sci. URSS, Series 2, 6:* 402-498.
- SINGER R. – 1969: *Mycoflora australis.* *Beih. Nova Hedwigia* 29: 1-405.
- SINGER R. – 1977: *Keys for the identification of the species of Agaricales I.* *Sydowia* 30(1-6): 192-279.
- SINGER R. – 1986: *The Agaricales in modern taxonomy, 4th ed.* Koeltz Scientific Books, Koenigstein.
- SIRAND-PUGNET P. & LABARÈRE J. – 2002: Molecular characterization of the *Pri3* gene encoding a cysteine-rich protein, specifically expressed during fruiting initiation within the *Agrocybe aegerita* complex. *Curr. Genet.* 41: 31-42.
- STAMATAKIS A. – 2006: RAxML-VI-HPC: Maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics* 22: 2688-2690.

- STEVENSON G. – 1982: *A parasitic member of the Bolbitaceae – Agrocybe parasitica sp. nov.* NZ J. Forestry Sci. 27: 130-133.
- SVRČEK M. – 1966: *A revision of some genera of Agaricales described by J. Velenovský.* Česká Mykol. 20(2): 69-74.
- TAKAHASHI H. – 2001: *Notes on new Agaricales of Japan 3.* Mycoscience 42: 355-360.
- TAMURA K., PETERSON D., PETERSON N., STECHER G., NEI M. & KUMAR S. – 2011: *MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods.* Mol. Biol. Evol. 28: 2731-2739.
- THIERS B. – 2014 [continuously updated]: *Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff.* New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- TÓTH A., HAUSKNECHT A., KRISAI-GREILHUBER I., PAPP T., VÁGVÖLGYI C. & NAGY L.G. – 2013: *Iteratively refined guide trees help improving alignment and phylogenetic inference in the mushroom family Bolbitiaceae.* PLOS ONE 8(2): e56143. doi:10.1371/journal.pone.0056143.
- UHART M. & ALBERTÓ E. – 2007: *Morphologic characterization of Agrocybe cylindracea (Basidiomycetes, Agaricales) from America, Europe and Asia.* Rev. Mex. Micol. 24: 9-18.
- UHART M. & ALBERTÓ E. – 2009: *Mating tests in Agrocybe cylindracea sensu lato. Recognition of Agrocybe wrightii as a novel species.* Mycol. Progress 8: 337-349.
- UHART M., SIRAND-PUGNET P. & LABARÈRE J. – 2007: *Evolution of mitochondrial SSU-rDNA variable domain sequences and rRNA secondary structures, and phylogeny of the Agrocybe aegerita multispecies complex.* Res. Microbiol. 158: 203-212.
- UHART M., PISCERA J.M. & ALBERTÓ E. – 2008: *Utilization of new naturally occurring strains and supplementation to improve the biological efficiency of the edible mushroom Agrocybe cylindracea.* J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 35: 595-602.
- VILGALYS R. & HESTER M. – 1990: *Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several Cryptococcus species.* J. Bacteriol. 172: 4238-4246.
- VIZZINI A., GELARDI M., PERRONE L., CONTU M., LI T-H., ZHANG M., XIA W-Y. – 2014: *A new collection of Chlorophyllum hortense (Agaricaceae, Agaricales) from south-eastern China: molecular confirmation and morphological notes.* Boll. Amer (oggi RMR) 91(1): 3-19.
- VIZZINI A. – 2014: *Nomenclatural novelties.* Cyclocybe. Index Fungorum no. 154.
- YANG Z-L., ZANG M. & LIU X-X. – 1993: *Agrocybe salicicola, a new species of sect. Aporus from Yunnan.* Acta Bot. Yunn. 15(1): 18-20.
- WALTHER G., GARNICA S. & WEISS M. – 2005: *The systematic relevance of conidiogenesis modes in the gilled Agaricales.* Mycol. Res. 109: 525-544.
- WALTHER G. & WEISS M. – 2006: *Anamorphs of the Bolbitiaceae (Basidiomycota, Agaricales).* Mycologia 98(5): 792-800.
- WATLING R. – 1982: *British Fungus Flora-Agarics and Boleti. 3. Bolbitiaceae: Agrocybe, Bolbitius & Conocybe.* Royal Botanic Garden, Edinburgh.
- WATLING R. – 1992: *Observations on the Bolbitaceae - 30. Some Brazilian Taxa.* Bol. Soc. Argent. Bot. 28: 77-103.
- WATLING R. & GREGORY N.M. – 1981: *Census Catalogue of World Members of the Bolbitiaceae.* Bibliotheca Mycologica 82, J. Cramer, New York.
- WATLING R. & TAYLOR G.M. – 1987: *Observations on the Bolbitiaceae: 27. Preliminary account of the Bolbitiaceae of New Zealand.* Bibliotheca Mycologica 117, Lubrecht & Cramer, Berlin.
- WHITE T.J., BRUNS T.D., LEE S. & TAYLOR J. – 1990: *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics.* In: INNIS M.A., GELFAND D., SNINSKY J., WHITE T. (eds), *PCR Protocols, a guide to methods and applications.* Academic, Orlando, pp. 315-322.
- ZHAO C.G., SUN H., TONG X. & PENG Y.P. – 2003: *An antitumour lectin from the edible mushroom Agrocybe aegerita.* Biochem. J. 374: 321-327.
- ZUGNA M. – 2014: <http://www.ambmuggia.it/forum/topic/1185-agrocybe-erebia/>; <http://www.ambmuggia.it/forum/topic/8174-agrocybe-erebia/>