

MANUEL ATZENI, ANTONIO GENNARI, LAURA NICOLETTI

PRIMA SEGNALEAZIONE ITALIANA DI *CLAVARIA FLAVOSTELLIFERA***Riassunto**

Viene presentato uno studio di *Clavaria flavostellifera*, primo ritrovamento in Italia. L'articolo evidenzia le peculiarità morfologiche della raccolta sia a livello macroscopico che microscopico, comprese descrizioni e immagini al microscopio elettronico a scansione. Viene corredato inoltre da un'analisi filogenetica relativa alla specie interessata all'interno del genere *Clavaria*. Si conclude con una tabella di confronto dei caratteri microscopici tra specie europee della famiglia delle *Clavariaceae*, a forma di clavula, con colore a dominanza gialla.

**Abstract**

A study of *Clavaria flavostellifera* is presented as the first finding in Italy. This article highlights both macroscopic and microscopic morphological features of our collection, including descriptions and images taken with a scanning electron microscope. We then produced a phylogenetic analysis related to the interested species within the *Clavaria* genus. We conclude the article with a comparison table of the microscopic characteristics among European species of the *Clavariaceae* family, in the shape of clavula, with a dominant yellow color.

**Key words** *Clavariaceae*, *Clavaria flavostellifera*, *Clavaria* subgen. *Holocoryne*, Tuscany, Italy.

**Introduzione**

La specie oggetto di studio è stata reperita nel mese di dicembre 2020 nei dintorni di Nomadelfia (GR) dove, negli ultimi anni, ci rechiamo sistematicamente alla ricerca di specie che prediligono la crescita in ambiente mediterraneo. Le località visitate comprendono zone per lo più boschive con prevalenza di *Quercus suber* L. e *Arbutus unedo* L. e zone più aperte comprendenti bassi arbusti di *Phillyrea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Erica arborea* L., *Cistus monspeliensis* L., *Myrtus communis* L. e *Calluna vulgaris* (L.) Hull, tipici della macchia mediterranea. Nel tempo abbiamo effettuato ritrovamenti interessanti con crescita specifica in questo particolare ambiente, tra cui *Ramaria cistophila* P.P. Daniëls, M.P. Martín, C. Rojo & Camello, *Mycena aurantiistipitata* Robich & Gennari, *Hemimycena conidiogena* Vila, P.-A. Moreau & Pérez-De-Greg., *Hebeloma erumpens* Contu, *Russula cistoadelpha* M.M. Moser & Trimbach, *Camarophyllopsis phaeophylla* (Romagn.) Arnolds, *Amanita alseides* Hanss e appunto *Clavaria flavostellifera* Olariaga, Salcedo, P.P. Daniëls & Kautman., unitamente ad altre specie altrettanto rare e interessanti come *Phaeomarasmium rimulincola* (Rabenh.) Scherff. e *Dendrocollybia racemosa* (Pers.) R.H. Petersen & Redhead.

La determinazione di questa piccola *Clavaria* di color giallo, che già sul campo aveva colpito la nostra attenzione, è risultata a noi chiara soltanto dopo aver messo a confronto tutti i dati morfologici raccolti, in particolare quelli microscopici, con le chiavi di determinazione presenti nella monografia "*I Funghi clavarioidi in Italia - Vol. 1*" (FRANCHI & MARCHETTI 2021). La conferma è giunta successivamente con l'analisi molecolare.

Le caratteristiche di *Clavaria flavostellifera* sono citate in modo sintetico e con riferimento a dati rilevati dai suddetti AA nella chiave dicotomica dedicata alle specie di *Clavaria* con colorazioni da crema-giallastro a giallo-ocraceo, dove viene altresì dichiarato «*Taxon non rinvenuto in Italia, in Europa segnalato solo in Repubblica Ceca, Slovacchia, Spagna (OLARIAGA et al., 2015) e Danimarca (gbif.org, 2020)*».

Pertanto, fino ad oggi, in letteratura la *Clavaria flavostellifera* ci risulta descritta in modo dettagliato unicamente nella diagnosi originale [*Mycologia* 107 (1): 107, 113-114, 2015], dove gli AA hanno corredoato la stesura dell'articolo con immagini macroscopiche e con una tavola dei principali caratteri microscopici senza inserire fotografie.

Lo scopo di questo articolo è sia quello di segnalare il primo ritrovamento in Italia di questa specie sia di integrare le informazioni sui caratteri macro e microscopici con le nostre osservazioni, inserendo anche immagini effettuate al microscopio, sia ottico che elettronico.

## Materiali e Metodi

Le descrizioni microscopiche sono state effettuate sia con microscopio ottico, sia con microscopio elettronico a scansione (SEM), dotato di uno spettrometro a raggi X a dispersione di energia (EDX), partendo da esemplari freschi o d'erbario. Per l'osservazione al microscopio ottico le esiccata sono state reidratate con acqua distillata o direttamente con rosso Congo ammoniacale. Per colorare il preparato si è utilizzato il rosso Congo anionico o ammoniacale. Per la misurazione delle varie strutture e l'elaborazione dei dati è stato scelto il programma Piximètre. Si precisa che nel riportare le misure delle varie strutture è stata usata l'abbreviazione  $M_e$  per il valore medio e  $Q_m$  per il rapporto medio tra lunghezza e larghezza. La misura sporale è stata effettuata escludendo l'apicolo e le ornamentazioni.

Le esiccata sono conservate presso gli erbari personali degli autori.

## Analisi molecolare

Estrazione, amplificazione e sequenziamento del DNA sono stati eseguiti dal laboratorio di biologia molecolare Alvalab di Oviedo (Spagna): il DNA totale è stato estratto da campioni essiccati utilizzando un protocollo basato su MURRAY & THOMPSON (1980). Le reazioni PCR (MULLIS & FALOONA 1987) hanno incluso 35 cicli con una temperatura di *annealing* di 54 °C. Per amplificare la regione dell'rDNA dell'ITS sono stati impiegati i primer ITS1F e ITS4 (WHITE *et al.* 1990; GARDES & BRUNS 1993). I prodotti di PCR sono stati visualizzati con gel di agarosio all'1% e le amplificazioni PCR positive sono state sequenziate. Le sequenze sono state corrette per rimuovere gli errori di lettura nei cromatogrammi.

## Analisi filogenetica

Il dataset è composto da 44 sequenze ITS dell'rDNA, di cui 2 formano l'outgroup, rappresentato da *Ramariopsis kunzei* (Fr.) Corner MK616542 e *Ramariopsis subtilis* (Pers.) R.H. Petersen MT055941 (**Tab. 2**). L'ingroup è stato costruito utilizzando, oltre la nostra specie, *Clavaria flavostellifera* MAAGLN - ITA, altre sequenze scaricate dal database pubblico GenBank (SAYERS *et al.* 2021), selezionate sulla base dei lavori di FRANCHI & MARCHETTI (2021), di OLARIAGA *et al.* (2015), di AGNELLO & PAPETTI (2020). Per ogni taxon è stato inserito un solo voucher riferito ad un *typus* (*holotypus*, *epitypus*), altrimenti, quando nel database non è depositato un *typus*, per dare più robustezza al dataset, due voucher dello stesso taxon, se presenti e scelti, quando possibile, da autori differenti. Il dataset è stato poi assemblato in MEGA XI (TAMURA *et al.* 2021) e allineato, con lo stesso software tramite l'algoritmo MUSCLE (EDGAR 2004), lasciando invariati i parametri di base, successivamente le sequenze sono state editate manualmente. L'ottimizzazione dell'allineamento per le analisi filogenetiche è stata realizzata tramite MESQUITE (MADDISON & MADDISON 2017). L'analisi filogenetica è stata eseguita sia con il metodo basato sulla Massima Verosimiglianza (ML, Maximum Likelihood), sia con quello sull'Inferenza Bayesiana (BI, Bayesian Inference). Per la filogenesi ML è stato utilizzato il software RAXML GUI 2.0 (EDLER *et al.* 2021), con l'algoritmo di ricerca standard e 1.000 repliche di bootstrap (FELSENSTEIN 1985), usando il modello evolutivo GTR + GAMMA. La filogenesi BI è stata effettuata con il software

MrBayes 3.2.7 (RONQUIST *et al.* 2012), anche in questo caso, con il modello evolutivo “GTR + G”, con due analisi separate di quattro catene di Markov Monte-Carlo (MCMC) per 1.000.000 di generazioni ed un campionamento ogni 1.000 generazioni e con eliminazione del 25% degli alberi campionati. Le topologie finali, ottenute con i due metodi descritti, sono risultate essenzialmente sovrapponibili; abbiamo scelto di rappresentare l'albero basato sulla Massima Verosimiglianza. Il filogramma risultante (Fig. 6) è stato importato nel programma FigTree impostando una soglia di significatività del 70% per i valori di bootstrap (MLB, Maximum Likelihood Bootstrap) e di 0,95 per quelli di BPP (Bayesian Posterior Probability).

*Clavaria flavostellifera* Olariaga, Salcedo, P.P. Daniëls & Kautman (2015)

### Descrizione dei caratteri macroscopici (Figg. 1-2)

**Fruttificazioni** gregarie, clavarioidi, solitamente semplici, fragili, alte fino a 50-60 mm e larghe fino a 6 mm circa, per lo più lisce, talvolta rugose, di colore giallo, tendente al giallo-ocraceo con la maturazione. Sono formate da una parte fertile superiore, abbastanza delineata, generalmente attenuata all'apice, talvolta compressa e solcata longitudinalmente e da una parte inferiore sterile, più sottile, traslucida, con micelio biancastro alla base.

**Carne** color giallo-cromo, marrone-ocraceo con l'essiccazione. Sapore e odore non significativi.

**Sporata** bianca.

### Descrizione dei caratteri microscopici (Fig. 3)

**Basidiospore** (6,4) 6,7-7,9 × (4,7) 5,0-5,6 (5,9) μm;  $M_e = 7,2 \times 5,3$  μm; Q = (1,1) 1,2-1,5,  $Q_m = 1,3$ ; da largamente ellissoidali ad ellissoidali, con parete spessa, per lo più con una grossa guttula al loro interno e con un evidente apicolo, quasi tutte sono ornate di spinule ottuse, poco numerose, isolate, alte sino a 1,5 μm.

**Basidi** (42,6) 45,2-64,1 (72,6) × (6,8) 7,8-9,7 (10,9) μm;  $M_e = 57,6 \times 8,8$  μm; Q = (4,7) 5,1-7,2 (9,5),  $Q_m = 6,6$ ; lungamente clavati, tetrasporici, con largo giunto alla base, a volta presentano piccole escrescenze spinulose.

**Cistidi** assenti.

**Trama ifale** monomitica, formata da ife a parete sottile, cilindriche, alcune con rigonfiamenti ampollosi soprattutto nella loro parte terminale, settate, prive di giunti a fibbia, presenti depositi cristallini a forma di scaglie sovrapposte o disposti a ventaglio.

**Habitat** su terreno con presenza di muschio, in area con prevalenza di arbusti di *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea*, *Cistus monspeliensis* e con isolati *Quercus suber* e *Arbutus unedo*.

**Raccolte studiate** Nomadelfia (GR) il 20/12/2020, leg. Andrea Chechi e Antonio Gennari.

### Osservazioni

*Clavaria flavostellifera* è una specie clavarioide con basidiomi per lo più semplici e gregari, di color giallo che, ad una prima ipotesi di determinazione sulla base dei soli caratteri morfocromatici, potrebbe essere confusa facilmente con altre specie dello stesso genere o di altri generi che condividono un simile profilo clavarioide; infatti, non è difficile scambiare con *Clavulinopsis* spp., come inizialmente è avvenuto al momento del nostro unico ritrovamento.

L'analisi delle strutture microscopiche è fondamentale per definire l'appartenenza al genere *Clavaria* L., infatti la mancanza di giunti a fibbia nelle ife generatrici esclude il genere *Clavulinopsis* Overeem.



Fig. 1. *Clavaria flavostellifera*

Foto di Manuel Atzeni



Fig. 2. *Clavaria flavostellifera*

Foto di Manuel Atzeni

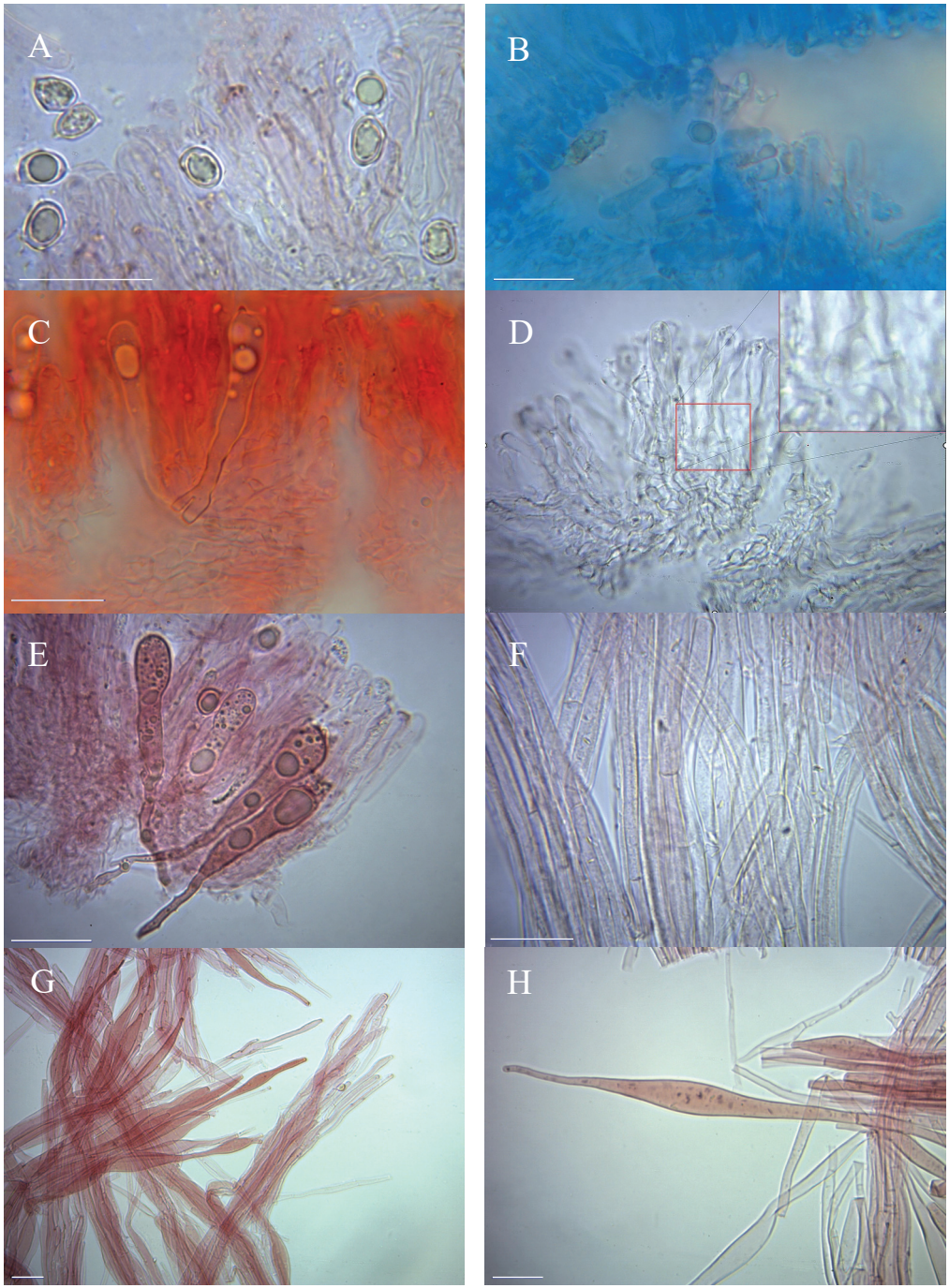
Secondo CORNER (1950) le specie di *Clavaria* con basidi provvisti di largo giunto a fibbia alla loro base sono considerate appartenenti al sottogenere *Holocoryne* (Fr.) Corner.

Per la determinazione di *Clavaria flavostellifera* elementi di estrema importanza a livello microscopico sono la presenza di basidi con largo giunto basale a forma di laccio (Fig. 3D), la presenza della particolare ornamentazione spinulosa delle spore, nonché la loro forma e dimensione.

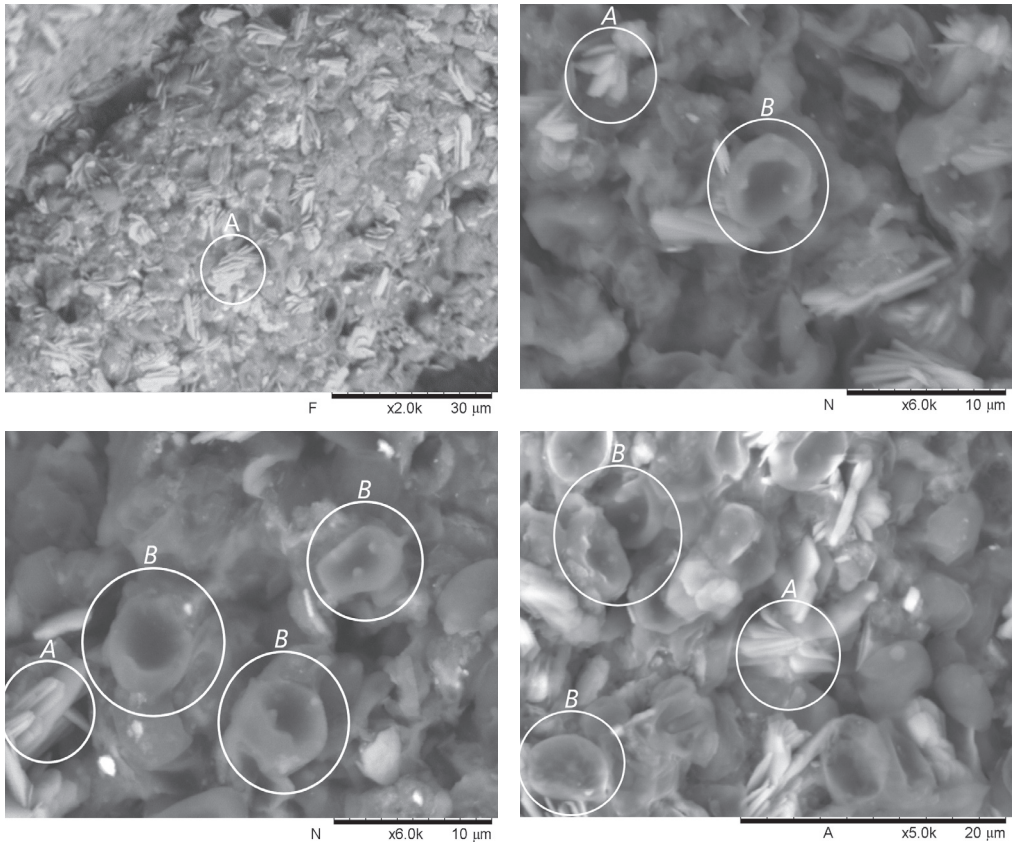
Nonostante le dimensioni sporali relative alla nostra raccolta rientrino nel range 5,0-7,5 (8,0) × 4,5-6,0 (6,5) μm, con  $Q_m = 1,20-1,56$ , come riportato da OLARIAGA *et al.* (2015) nella diagnosi originale, abbiamo osservato spore da ellissoidali a largamente ellissoidali con rade spinule che evidenziano una certa variabilità della specie rispetto alla tavola riportata dagli AA nel loro lavoro.

Sempre a proposito delle spore e probabilmente ad ulteriore conferma della variabilità della specie, la nostra indagine ha evidenziato che le spore mature, seppur non osservate da sporata,





**Fig. 3.** *C. flavostellifera*. **A.** Spore. Foto di Laura Nicoletti; **B.** Spore. Foto di Manuel Atzeni; **C.** Basidi. Foto di Manuel Atzeni; **D.** Basidio con largo giunto basale. Foto di Laura Nicoletti; **E.** Basidi. Foto di Laura Nicoletti; **F.** Trama ifale. Foto di Laura Nicoletti; **G.** Parte terminale delle ife. Foto di Laura Nicoletti; **H.** Parte terminale dell'ifa. Foto di Laura Nicoletti. Barre = 20  $\mu$ m.



**Fig. 4.** Immagini eseguite al microscopio elettronico a scansione (SEM). Le parti cerchiata e indicate con la lettera "A" mettono in evidenza cristalli a scaglie sovrapposte, mentre quelle indicate con la lettera "B" evidenziano le spore con verruche isolate. Le foto sono state realizzate presso il Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università La Sapienza di Roma.

si presentano completamente ornamentate e con parete spessa, mentre nella diagnosi originale vengono segnalate anche spore lisce con parete sottile.

Abbiamo provato a far maggior chiarezza mediante una indagine al microscopio elettronico a scansione (SEM), eseguita presso l'Istituto di Botanica dell'Università "La Sapienza di Roma". Effettivamente, nonostante le spore presentino un avvallamento, dovuto probabilmente a una eccessiva disidratazione, abbiamo potuto osservare la presenza di spinule rade ben visibili sulla loro superficie.

Carattere interessante ed inaspettato, emerso durante questa osservazione, è la presenza di numerosissimi cristalli, per lo più a forma di scaglie sovrapposte, la cui composizione chimica, descritta nell'analisi degli spettri, evidenzia una prevalenza di potassio (K), calcio (Ca) e ossigeno (O) che suggeriscono formazioni di ossalati (Fig. 5). Non sappiamo se la presenza dei cristalli sia motivata da una sorta di inquinamento ambientale, dovuto a residui di terreno sugli sporofori, o invece sia una caratteristica della specie; abbiamo deciso comunque di segnalare questo dato, nella speranza di poter apportare informazioni aggiuntive, che potrebbero rivelarsi interessanti nel tempo.

Vista la rarità di *Clavaria flavostellifera* e l'assenza di segnalazioni in Italia, nonostante la sovrapposibilità dei caratteri morfologici macroscopici e microscopici con la specie da noi trovata, abbiamo cercato ed ottenuto ulteriore conferma della determinazione dall'analisi

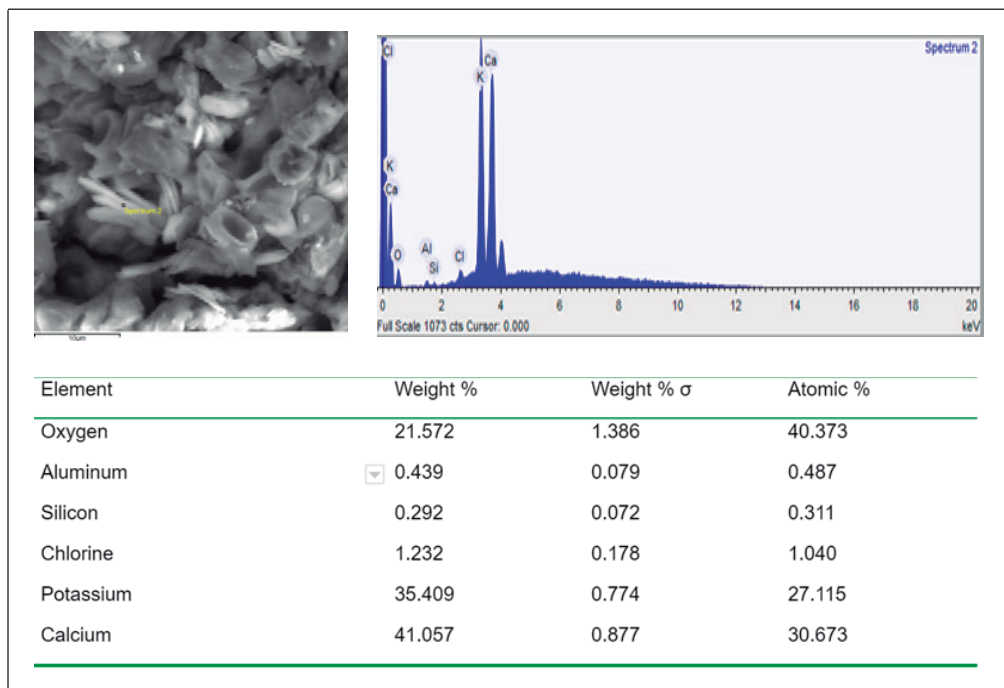


Fig. 5. I dati in figura sono stati ricavati dallo Spettrometro EDX di cui è dotato il SEM. Il grafico della Spettrometria di Massa mostra l'analisi della composizione chimica del cristallo evidenziato nella relativa immagine al SEM. Nella tabella, la prima colonna riporta gli elementi presenti nel cristallo, mentre le altre colonne indicano rispettivamente la percentuale di peso (Weight %), l'errore statistico come  $\sigma$  della % in peso per la % wt (total weight) calcolata (Weight %  $\sigma$ ) e la percentuale di atomi relativi a ciascun elemento (Atomic %).

molecolare, che già nell'algoritmo BLASTn (ALTSCHUL *et al.* 1997) in NCBI (National Center for Biotechnology Information) ha mostrato una percentuale di identità superiore al 98% con la sequenza KC759466 di *Clavaria flavostellifera*.

Nell'albero ottenuto dopo analisi filogenetica (Fig. 6), la nostra specie, denominata *Clavaria flavostellifera* MAAGLN - ITA, risulta indubbiamente conspecifica a *Clavaria flavostellifera* con elevato supporto statistico.

Nello stesso *clade* di appartenenza di *Clavaria flavostellifera*, ma su linee evolutive diverse, si inseriscono *Clavaria appendiculata* Franchi & M. Marchetti e *Clavaria tyrrhenica* Franchi & M. Marchetti. Le tre specie sono accomunate dallo stesso habitat di tipo mediterraneo e, negli attuali ritrovamenti italiani, anche dalla stessa regione Toscana. *Clavaria appendiculata* è però caratterizzata dal possedere la base della clavula di color bruno-rossastro, mentre le spore sono anch'esse decorate da appendici, analogamente a *Clavaria flavostellifera*. *Clavaria tyrrhenica* possiede una clavula con dominanza di color rosa e spore lisce. Tutte e tre le specie appartengono alla sez. *Holocoryne*, per la presenza di un largo giunto basale nei basidi, ma questo carattere sotto il profilo molecolare non sembrerebbe avere valore tassonomico in quanto le altre specie che vi appartengono risultano distribuite su cladi diversi. Pertanto, l'insieme delle *Holocoryne* costituisce indubbiamente un "gruppo di comodo", polifiletico per la mancanza di un antenato comune, come d'altra parte già rilevato da FRANCHI & MARCHETTI (2021) e confermato dal nostro filogramma.

A completamento del nostro lavoro, sebbene consapevoli che una determinazione effettuata soltanto sul cromatismo non sia affidabile, ma che sia indispensabile affiancare una accurata microscopia, proponiamo una tabella di confronto (Tab. 1) per sintetizzare le principali caratteristiche

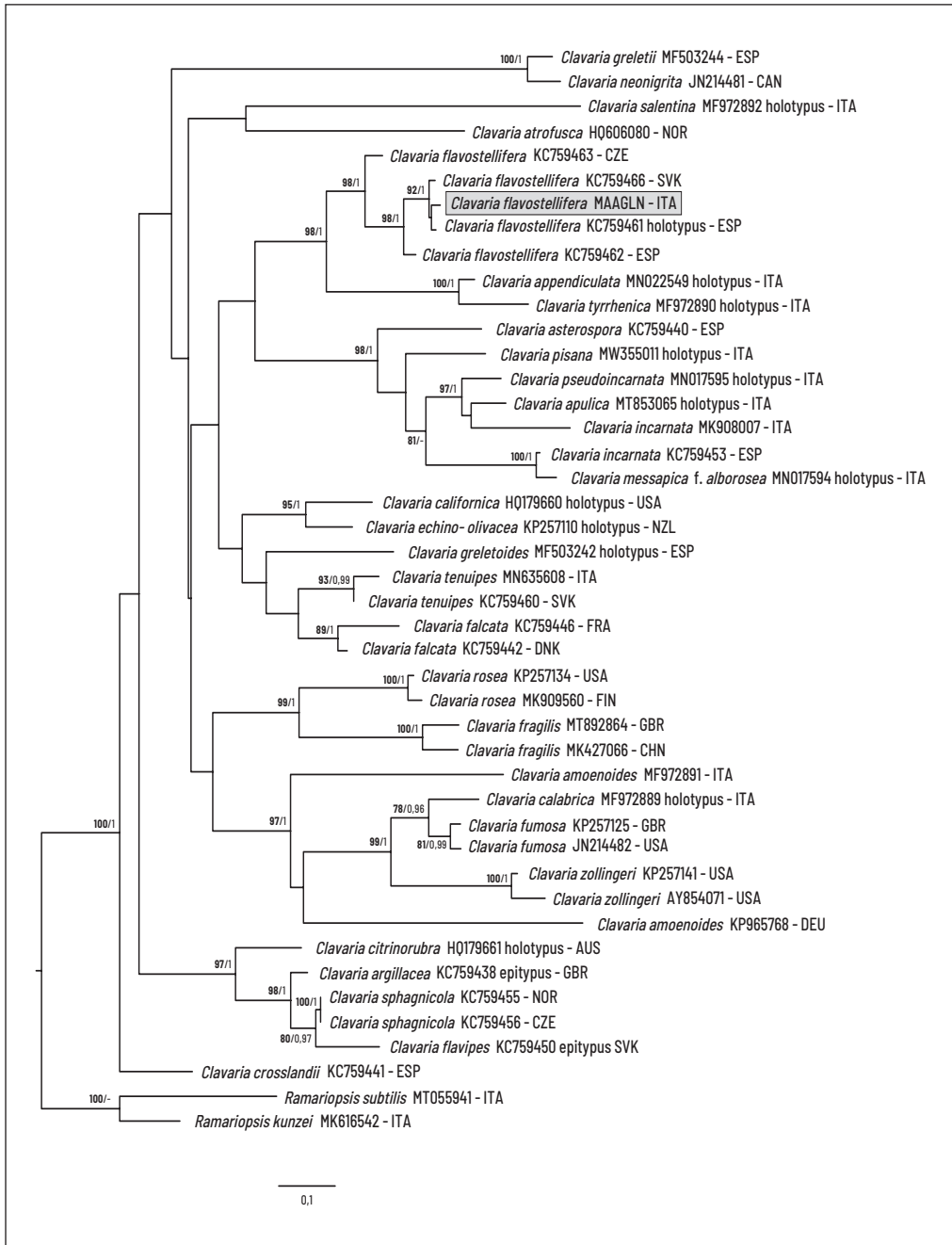


delle specie che risultano simili a *Clavaria flavostellifera*. Per quanto riguarda le dimensioni delle spore inserite nella tabella, abbiamo preferito utilizzare i dati estrapolati dalla monografia "I Funghi clavarioidi in Italia - Vol. 1", tranne che per la specie da noi studiata.

**Tab. 1.** Confronto dei caratteri microscopici tra specie europee della famiglia delle Clavariaceae a forma di clavula, con colore a dominanza gialla.

Specie	Giunti a fibbia nelle ife	Tipologia spore	Forma spore	Dimensione spore
<i>Clavaria flavostellifera</i>	assenti	spinulose	da largamente ellissoidali ad ellissoidali	(6,4) 6,7 - 7,9 × (4,7) 5,0 - 5,6 (5,9) μm; Qm = 1,3
<i>Clavaria amoenoides</i>	assenti	lisce	oblunghe, subcilindriche	(5,5) 6,1-7,4 × (2,8) 3,1-3,8 (4,2) μm; Qm = 2,0
<i>Clavaria argillacea</i>	assenti	lisce	oblunghe, subcilindriche	(5,5) 9,0-11,0 (11,5) × 4,0-5,0 (5,5) μm; Qm = 1,9
<i>Clavaria flavipes</i>	assenti	lisce	globose, subglobose	6,0-8,5 (9,0) × 5,5-8,0 (8,5) μm; Q = 1,0-1,1
<i>Clavaria sphagnicola</i>	assenti	lisce	ellissoidali, oblunghie	(7,8) 8,0-10,6 (11,0) × 5,0-6,6 (6,9) μm; Qm = 1,9
<i>Clavulinopsis helvola</i>	presenti	verrucose con apice ottuso	subglobose, ovoidali	5,0-6,8 × 4,2-5,8 μm; Qm = 1,1
<i>Clavulinopsis trigonospora</i>	presenti	lisce, talune con una o più appendici tubolari	subtriangolari	5,1-8,3 × 4,6-7,0 μm; Qm = 1,2
<i>Clavulinopsis corniculata f. simplex</i>	presenti	lisce	globose, subglobose (con apicolo evidente)	(4,5) 4,7-5,8 (6,2) × (4,2) 4,5-5,5 (6,0) μm; Q = 1,0-1,1
<i>Clavulinopsis fusiformis</i>	presenti	lisce	globose, subglobose (apicolo pronunciato)	5,0-8,0 (9,0) × 4,5-7,5 (8,5) μm; Q = 1,0-1,1
<i>Clavulinopsis laeticolor</i>	presenti	lisce	ellissoidali, oblunghie	4,2-7,0 × 3,2-4,8 (5,2) μm; Qm = 1,4
<i>Clavulinopsis luteoalba</i>	presenti	lisce	ellissoidali, oblunghie	5,2-8,0 × 2,8-4,4 μm; Qm = 1,8





**Fig. 6.** Filogramma di sequenze ITS rDNA del genere *Clavaria*, ottenuto con analisi basata sul metodo della Massima Verosimiglianza. Le due specie di *Ramariopsis* rappresentano l'outgroup. Sui nodi sono riportati i valori di MLB (Maximum Likelihood Bootstrap)  $\geq 70\%$ , seguiti dai valori di BPP (Bayesian posterior probability)  $\geq 0,95$ . Il binomio delle specie è seguito dal numero di accesso in GenBank (tranne quello della nostra raccolta) e dalla sigla del Paese di provenienza. La nostra specie corrisponde a quella evidenziata.  
Albero filogenetico costruito da Laura Nicoletti

**Tab. 2.** Informazioni sulle raccolte del genere *Clavaria* utilizzate per costruire il filogramma.

Taxon	Voucher	GenBank accession number (ITS)	COUNTRY	Note
<b><i>Clavaria flavostellifera</i></b>	<b>MAAGLN</b>		<b>ITA</b>	
<i>Clavaria amoenoides</i>	AMB 018217	MF972891	ITA	
<i>Clavaria amoenoides</i>	LUECK4	KP965768	DEU	
<i>Clavaria appendiculata</i>	AMB 18348	MN022549	ITA	holotypus
<i>Clavaria apulica</i>	AMB 150	MT853065	ITA	holotypus
<i>Clavaria argillacea</i>	K(M)126733	KC759438	GBR	epitypus
<i>Clavaria asterospora</i>	BIO-FUNGI 12390	KC759440	ESP	
<i>Clavaria atrofusca</i>	BRACR 13264	HQ606080	NOR	
<i>Clavaria calabrica</i>	ZT Myc 58697	MF972889	ITA	holotypus
<i>Clavaria californica</i>	TENNO26785	HQ179660	USA	holotypus
<i>Clavaria citrinorubra</i>	TENNO40464	HQ179661	AUS	holotypus
<i>Clavaria crosslandii</i>	BIO-FUNGI 12762	KC759441	ESP	
<i>Clavaria echino-olivacea</i>	TENNO43686	KP257110	NZL	holotypus
<i>Clavaria falcata</i>	C-F-32637	KC759442	DNK	
<i>Clavaria falcata</i>	GC08101406	KC759446	FRA	
<i>Clavaria flavipes</i>	BRACR15121	KC759450	SVK	epitypus
<i>Clavaria flavostellifera</i>	BRACR15924	KC759466	SVK	
<i>Clavaria flavostellifera</i>	BRACR16695	KC759462	ESP	
<i>Clavaria flavostellifera</i>	BRACR16080	KC759463	CZE	
<i>Clavaria flavostellifera</i>	BIO-FUNGI 10433	KC759461	ESP	holotypus
<i>Clavaria fragilis</i>	DJH20-05	MT892864	GBR	
<i>Clavaria fragilis</i>	ZP-681	MK427066	CHN	
<i>Clavaria fumosa</i>	TENNO63541	KP257125	GBR	
<i>Clavaria fumosa</i>	MR00170	JN214482	USA	
<i>Clavaria greletii</i>	ERRO 2014102101	MF503244	ESP	
<i>Clavaria greletoides</i>	AH 46338	MF503242	ESP	holotypus
<i>Clavaria incarnata</i>	AMB n. 18345	MK908007	ITA	
<i>Clavaria incarnata</i>	MA-FUNGI 53113	KC759453	ESP	
<i>Clavaria messapica f. alborosea</i>	AMB 18346	MN017594	ITA	holotypus
<i>Clavaria neonigrita</i>	Ceska06112010	JN214481	CAN	
<i>Clavaria pisana</i>	AMB 18620	MW355011	ITA	holotypus
<i>Clavaria pseudoincarnata</i>	AMB 17377	MN017595	ITA	holotypus
<i>Clavaria rosea</i>	TUR 201239	MK909560	FIN	
<i>Clavaria rosea</i>	TENNO65117	KP257134	USA	
<i>Clavaria salentina</i>	AMB 010297	MF972892	ITA	holotypus
<i>Clavaria sphagnicola</i>	BRNM 747282	KC759456	CZE	
<i>Clavaria sphagnicola</i>	BRACR13593	KC759455	NOR	
<i>Clavaria tenuipes</i>	AMB n. 18354	MN635608	ITA	
<i>Clavaria tenuipes</i>	BRACR16026	KC759460	SVK	
<i>Clavaria tyrrhenica</i>	ZT MYC 58698	MF972890	ITA	holotypus
<i>Clavaria zollingeri</i>	AFTOL-ID 563	AY854071	USA	
<i>Clavaria zollingeri</i>	JMB08040912	KP257141	USA	
<i>Ramariopsis kunzei</i>	AMB 17485	MK616542	ITA	outgroup
<i>Ramariopsis subtilis</i>	AMB 18561	MT055941	ITA	outgroup

## Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare Paolo Franchi e Mauro Marchetti per la revisione del testo, Alessio Pierotti per i preziosi suggerimenti sull'analisi filogenetica, Tomaso Lezzi e Lavinia Micheli per i loro preziosi suggerimenti, la Prof.ssa Donatella Magri, il Prof. Federico Di Rita ed il Laboratorio di Paleobotanica e Palinologia del Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università La Sapienza di Roma, per averci dato l'opportunità di usare il microscopio elettronico a scansione (SEM).

## Indirizzi degli autori

MANUEL ATZENI

Via W. Churchill, 5, 00061 Anguillara Sabazia (RM).

E-mail: manuelatzenimyco@yahoo.com

ANTONIO GENNARI

Via Bonamici, 10, 52100 Arezzo.

E-mail: gennariant@gmail.com

LAURA NICOLETTI

Via A. Magliani, 6/C, 00148 Roma.

E-mail: nicoletilaura@tiscali.it

## Bibliografia consultata

- AGNELLO C. & PAPETTI C. – 2020: *Clavaria apulica* una nuova specie dell'areale mediterraneo. *Rivista di Micologia* 63 (2): 121-130.
- ALTSCHUL S.F., MADDEN T.L., SCHÄFFER A.A., ZHANG J., ZHANG Z., MILLER W. & LIPMAN D.J. – 1997: Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 25: 3389-3402.
- BREITENBACH J. & KRÄNZLIN F. – 1986: Champignons de Suisse. Contribution à la connaissance de la flore fongique de Suisse. Champignons sans lames. Hétérobasidiomycètes, Aphylophorales, Gasteromycètes 2: 344-349. Édition Mykologia, Lucerne.
- CORNER E.J.H. – 1950: A monograph of *Clavaria* and allied genera. *The Annals of Botany Memoirs* 1: 1-740. The Annals of Botany Company. [Repr. 1967, Dawsons of Pall Mall].
- EDGAR, R. C. – 2004: MUSCLE: low-complexity multiple sequence alignment with T-Coffee accuracy. *ISMB/ECCB*, 1-3.
- EDLER D., KLEIN J., ANTONELLI A., & SILVESTRO D. – 2021: RaxmlGUI 2.0: A graphical interface and toolkit for phylogenetic analyses using RAXML. *Methods in Ecology and Evolution* 12 (2): 373-377.
- FELSENSTEIN, J. – 1985: Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39 (4): 783-791.
- FRANCHI P. & MARCHETTI M. – 2021: I funghi clavarioidi in Italia. Vol. 1: 1-664. *Fondazione Centro Studi Micologici dell'A.M.B.*, Vicenza.
- FUNGI IN GBIF SECRETARIAT – 2021: GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2022-07-25.
- GANNAZ M. & RAILLÈRE-BURAT M. – 2017: Des Ramaires aux Clavaires: clés et illustrations pour la connaissance des basidiomycètes clavarioides en Europe. *Cahiers de la Fédération mycologique et botanique Dauphiné-Savoie* 6: 1-170.
- 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.

- JÜLICH W. – 1989: *Guida alla determinazione dei funghi. Vol. 2°*. Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes: 74-84. Editrice Saturnia, Trento.
- LÆSSØE T. & PETERSEN J.H. – 2019: Fungi of temperate Europe 2: 1116-1127. *Princeton University Press*. Princeton and Oxford.
- MADDISON W.P. & MADDISON D.R. – 2017: *Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 3.2* <http://mesquiteproject.org>.
- MULLIS K.B. & FALOONA F. – 1987: Specific Synthesis of DNA In Vitro Via a Polymerase-Catalyzed Chain Reaction. *Methods in Enzymology* 155: 335-350.
- MURRAY M.G. & THOMPSON W.F. – 1980: Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research* 8 (19): 4321-4325.
- OLARIAGA I., SALCEDO I., DANIÉLS P.P., SPOONER B., DUEÑAS M., MARTIN M.P. & KAUTMANOVÁ I.– 2015: Taxonomy and phylogeny of yellow *Clavaria* species with clamped basidia - *Clavaria flavostellifera* sp. nov. and the typification of *C. argillacea*, *C. flavipes* and *C. sphagnicola*. *Mycologia* 107 (1): 104-122.
- RONQUIST F., TESLENKO M., VAN DER MARK P., AYRES D.L., DARLING A., HÖHNA S., LARGET B., LIU L., SUCHARD M.A. & HUELSENBECK J.P. – 2012: MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology* 61: 539-542.
- SAYERS E.W., CAVANAUGH M., CLARK K., PRUITT K.D., SCHOCH C.L., SHERRY S.T. & KARSCH-MIZRACHI I. – 2021: GenBank. *Nucleic acids research* 49 (D1): D92-D96, <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa1023>
- TAMURA K., STECHER G. & KUMAR S. – 2021: MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38 (7): 3022-3027.
- WHITE T.J., BRUNS T.D., LEE S. & TAYLOR J. – 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis et al. (eds.) *PCR Protocols, a guide to methods and applications*. Academic. Orlando: 315-322.