

中国毛霉菌目 (Mucorales) 的分类

I. 笄霉科 (Choanephoraceae)*

郑儒永 胡馥媚

(中国科学院微生物研究所)

笄霉科 (Choanephoraceae) 是毛霉目 (Mucorales) 中的一个科, 在生长习性上和毛霉目的其它各科不同。它们大多数是植物花部的弱寄生菌, 可以从很多植物的萼花或瓜、果上分离得到, 在适宜条件下也可引致各种作物的花腐病和瓜、果的病害。这种习性在毛霉目中是不多见的。除高等植物的花、果外, 在其它腐烂物质上和土壤中亦有分布。形态方面, 与其它各科显著不同的地方在于这个科有大型孢子囊、小型孢子囊和“分生孢子”等三种孢子器官, 而且分别长在不同的孢子枝上面。

根据戴芳澜(1936—1937)在《中国真菌名录》中的记载, 本科的种在国内报导过的只有1个: *Choanephora cucurbitarum* (包括 *C. manshurica*)。我们在过去三年内陆续累积了本科的菌株138号, 鉴定出 *Gilbertella* 属的1个种: *G. persicaria* (Eddy) Hesseltine 和笄霉属 (*Choanephora*) 的5个种: *C. circinans* (Naganishi et Kawakami) Hesseltine et Benjamin, *C. trispora* (Thaxter) Sinha, *C. cucurbitarum* (Berkeley et Ravenel) Thaxter, *C. conjuncta* Couch 和 *C. infundibulifera* (Currey) Saccardo。在笄霉科全部报告过的种中, 只有笄霉属的1个种, *C. heterospora* Mehrotra et Mehrotra 在国内尚未被发现。

材 料 和 方 法

从植物的萼花、烂果上面最易分离到笄霉科的菌株。在温暖潮湿的季节, 常常可以从萼花上直接找到菌丝体和“分生孢子”。在温暖而较干燥的季节, 可将落花或萼花放保湿皿内在26—28℃(夏季室温)培养1—2天, 诱使菌丝和孢子从基物上生长出来。从瓜、果上分离的方法和上面相同。从其它基物(如烂纸、烂布、烂叶等等)上分离笄霉科的菌株则不能用上述直接放在保湿皿内的方法而必须将基物放在马铃薯葡萄糖琼胶培养基(PDA)上面才能分离得到。从土壤中有时也可找到笄霉科的菌株。其分离方法与一般土壤真菌的分离方法相同, 主要是采用稀释法(dilution-plate method)或土壤平板法(soil-plate method), 分离用的培养基以PDA培养基为主, 配合使用其它培养基如查氏培养基、马丁培养基等; pH采用5和7两种, 培养温度为26—28℃(夏季室温)。

我们仿照 Barnett 和 Lilly (1950, 1955, 1956) 在 *Choanephora cucurbitarum* 孢子形成的研究中所采用的方法, 即通过对温度、湿度、光照和CO₂的控制, 获得了这个科的“分

* 这项工作是在戴芳澜先生指导下进行的, 稿成后又承详加修改, 邓叔羣、林路、王云章和相望年诸先生审阅过本文并提出了许多宝贵意见, 谨致谢忱。此外, 韩芳同志协助描繪插图, 所内、外的许多同志协助收集材料, 一并致谢。

生孢子”、孢囊孢子和接合孢子。“分生孢子”在下列条件下形成良好: 24—26℃, 相对湿度低于 50%, 减除培养皿内积聚的 CO₂, 在光照下生长 2 天后放黑暗处培养。孢囊孢子在下述条件下可以产生: 30—32℃, 相对湿度 50—100%, 减除培养皿内积聚的 CO₂, 在黑暗中培养。这个科的种的(+)、(-)菌系在自然界中常有分布, 经过单孢子分离后很容易获得, 将(+)、(-)菌系进行混合培养即可获得接合孢子。接合孢子的形成对环境条件的要求不象“分生孢子”和孢囊孢子那样严格, 但在黑暗中比在光照下形成较多。

在整个鉴定工作过程中都是采用综合毛霉菌培养基 (SMA)* 和 PDA 培养基。前者是我们在鉴定毛霉目各科、属时一向沿用的一种综合培养基。因笄霉科的菌种往往在 PDA 培养基上形成更多的孢子, 所以除 SMA 培养基外同时兼用 PDA 培养基。在进行(+)、(-)菌系的混合培养试验中则完全采用 PDA 培养基。鉴定培养的温度为 26—28℃, pH 为 5.5。

笄霉科 (Choanephoraceae) 的分类

Choanephoraceae Fitzpatrick, The Lower Fungi, p. 258, 1930.

emend. Naumov, Clés des Mucorinées, p. 97, 1939.

菌丝分枝繁茂, 生长迅速, 白色或稍带黄色; 大型孢子囊、小型孢子囊和“分生孢子”长在不同的孢子枝上; 孢囊梗上产生多孢子的大型孢子囊或少数孢子的小型孢子囊, “分生孢子”梗上则产生“分生孢子”; 大型孢子囊内有囊轴; 孢囊孢子一般深色, 大多有线状条纹, 两端常有成束而无色的细丝; “分生孢子”也是深色的, 有或没有线状条纹; 配囊柄大多钳状, 下部互相扭结; 接合孢子表面近乎光滑, 常有线状条纹, 但有的配囊柄也可以是对生的, 接合孢子表面粗糙; 目前所知道的种均为异宗配合。

笄霉属很早就有报导。Currey (1873) 根据 *Choanephora cunninghamiana* (= *C. infundibulifera*) 描述了 *Choanephora* 一属, 但却把它归到半知菌内; 其后 Cunningham (1878) 发现了它的孢子囊和接合孢子, 把它转到毛霉目。Fischer (1892) 在他的毛霉目研究中完全没有提到笄霉属。Lendner (1908) 则把它和 *Chaetocladium*, *Cunninghamella* 两属一起放在 *Chaetocladiaceae* 科内。随后 Thaxter (1914) 又根据 *Blakeslea trispora* 描述了 *Blakeslea* 一属。直到 1930 年, Fitzpatrick 才正式成立笄霉科 (Choanephoraceae)。在他的分类中, *Chaetocladiaceae* 科内只剩下了 *Chaetocladium* 一个属, *Choanephora* 和 *Cunninghamella* 被移出并加入 *Blakeslea* 一属成立 Choanephoraceae 这一新科。除了上述 3 属外, Zycha (1935) 在 Choanephoraceae 中还加入了 *Rhopalomyces*, *Sigmoideomyces* 和 *Thamnocephalis* 3 个属。*Rhopalomyces* 实际上是一种半知菌, *Sigmoideomyces* 到底是一种半知菌抑或是一种藻状菌目前尚未肯定, 因此放在毛霉目内也是极端可疑的

* SMA 培养基 (Cutter, 1946) 的成分如下:

葡萄糖	40g
天门冬酰胺	2g
KH ₂ PO ₄	0.5g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.25g
硫酸素	0.5mg
琼胶	17g
蒸馏水	1000ml

(Hesseltine, 1955), 只有 *Thamnocephalis* 是与 *Cunninghamella* 较为接近的一个属。除了 Fitzpatrick (1930) 和 Zycha (1935) 外, 伊藤誠哉 (1936), Christenberry (1940), 欧世璜 (1940) 等均将 *Cunninghamella* 保留在笄霉科内。Naumov (1939) 根据 *Cunninghamella* 完全以“分生孢子”进行无性繁殖这一特性将此属移出成立 *Cunninghamellaceae* 一科(在这个科内还包括了 *Thamnocephalis* 和 *Sigmoideomyces* 两个属), 于是笄霉科中只剩下了 *Choanephora* 和 *Blakeslea* 二属。这种分类方法目前已经得到了普遍的承认, 特别是受到了许多研究毛霉菌的工作者的支持。如 Cutter (1946) 承认这个新科并进一步指出, *Cunninghamella* 除了完全不形成孢子囊和“分生孢子”的球形有刺与 *Choanephora* 和 *Blakeslea* 的孢子相差很远外, 接合孢子形态也与这两个属的接合孢子不同(当时尚未成立 *Gilbertella* 一属)。Hesseltine (1955), Boedijn (1958), Ainsworth (1961) 等人亦承认 *Cunninghamellaceae* 这一个新科。我们也认为在笄霉科中不包括 *Cunninghamella* 是最合理的, 除了上述种种理由之外, 笄霉科的各种孢子, 特别是“分生孢子”都是深色的, 而 *Cunninghamella* 的孢子却是浅色的。

至于 *Blakeslea* 一属能否成立的问题, 目前大多数的工作者都同意将它合并到 *Choanephora* 属中去。据过去的意见, 两者的区别在于: (1) *Blakeslea* 除大型孢子囊外还有小型孢子囊而无“分生孢子”, *Choanephora* 除大型孢子囊外还有“分生孢子”而无小型孢子囊; (2) *Blakeslea* 的孢囊孢子有綫状条纹, 而 *Choanephora* 的孢囊孢子没有綫状条纹, “分生孢子”才有綫状条纹。关于毛霉目中的“分生孢子”的性质问题久有争论。van Tieghem 和 Le Monnier (1873), Mangin (1899), Bainier 和 Sartory (1913), Thaxter (1914), Torrey (1921) 等人均认为毛霉目中沒有真正的分生孢子, Thaxter (1914) 进一步指出笄霉科的“分生孢子”为单孢孢子囊。Poitras (1955) 也支持这种看法。反对这种看法的人, 如 Brefeld (1872) 和 Cunningham (1878), 则认为笄霉科的“分生孢子”为真正的分生孢子。Poitras (1955) 所列举的一些现象, 我们在工作中也是经常观察到的。例如, 在镜检的时候, 往往可以看见 *Choanephora* 属的“分生孢子”有这样的现象: 孢子两端均有白色透明的部分, 中间部分与四周的壁相隔有一定的距离, 而且只有这个中间部分才具有綫状条纹, 外壁是光滑的; 在孢子萌发的时候, 芽管从内部穿破外壁长出, 的确是一个单孢子的孢子囊。*Choanephora* 的“分生孢子”既然是一个单孢子的小型孢子囊, 与 *Blakeslea* 一属就无根本的区别了。其次, 关于各种孢子的綫状条纹存在的情况各人意见也是不一致的。如 Poitras (1955) 认为无论是孢囊孢子、“分生孢子”或是接合孢子都有綫状条纹, 并且提出这是笄霉科的一个重要特征, 但是大多数人的报导则因属因种的不同而异。许多人认为 *Blakeslea* 的孢囊孢子有綫状条纹而 *Choanephora* 的孢囊孢子没有, 但在我们的观察中, *C. circinans*, *C. conjuncta* 和 *C. cucurbitarum* 中的某些菌株的孢囊孢子均有綫状条纹。还有人认为 *Choanephora* 的“分生孢子”才有綫状条纹, 但在我们观察过的 50 余号的 *C. infundibulifera* 和 *C. conjuncta* 中, 其“分生孢子”虽在高倍放大下检视也从未见具有綫状条纹。因此, 綫状条纹的有无仅可视为种间或菌株间的差别, 以它作为分属依据是不恰当的。此外, 一般认为 *Choanephora* 沒有小型孢子囊而 *Blakeslea* 才有, 但我们在 *Choanephora infundibulifera*, *C. conjuncta*, *C. cucurbitarum*, *C. circinans* 等种的许多菌株中均发现有介乎大、小型孢子囊之间的孢子囊——直径较小,

孢子囊内孢子数目也很少(不超过 10 个,有时甚至只有 4—5 个孢子),孢子囊内有或甚至没有退化的囊轴。总而言之,这两个属是很难明确区分的。Sinha (1940) 注意到 *Choanephora trispora* (= *Blakeslea trispora*) 可以有单孢子的孢子囊,因而将 *Blakeslea* 合并到 *Choanephora* 一起。我们也同意取消 *Blakeslea* 一属而合并到 *Choanephora* 属内。

笄霉科的另外一个属 *Gilbertella* 目前已知的种只有 *G. persicaria* 一种。它与 *Choanephora* 属的主要区别在于配囊柄不是钳状而是平行对生的,接合孢子的表面不是光滑而是粗糙的,与 *Mucor* 属的接合孢子相似。如果根据有性阶段来分类, *Gilbertella* 就似乎可以归并到毛霉科 (*Mucoraceae*) 内;并且, *G. persicaria* 也是只有大型孢子囊而没有小型孢子囊或“分生孢子”,与毛霉科各属相一致。但是, *Gilbertella* 的孢囊孢子与毛霉科的孢子显然不同,而与 *Choanephora* 的孢子一样地在两端有成束的细丝。*Gilbertella* 的孢子器官虽然只有大型孢子囊一种,但在形态上也是和毛霉科的孢子囊不同而与 *Choanephora* 的孢子囊一致:孢囊梗简单不分枝,点头状,成熟时孢囊壁分裂为两半而不消解等等。毛霉目的其它科内各属的配囊柄形态不一定都是一致的,如大多数毛霉科的属的配囊柄均为平行对生,但仍然包括了配囊柄钳状的 *Phycomyces* 一属。因此, *Gilbertella* 的配囊柄虽与 *Choanephora* 不同,把它归入在同一个科之内也是合理的。

在笄霉科内还有人 (Shanor, Poitras 和 Benjamin, 1950) 报导过 *Cokeromyces* 一属。Hesseltine (1955) 把它转移到枝霉科 (*Thamnidaceae*) 内,但是没有申述理由。这个菌既不产生大型孢子囊,也不产生“分生孢子”,而只形成小型孢子囊。这些小型孢子囊长在孢囊梗顶端膨大的泡囊上的许多卷曲的小梗之上。孢囊孢子深色并无线状条纹,两端也没有成束的细丝,其孢壁一般是光滑的。但靠近孢子囊内壁的孢囊孢子往往附有孢囊壁的残留物而呈网状。其它性状如配囊柄平行对生,接合孢子表面粗糙,同宗配合等也是这个属的特征。此属只有 1 个种 *Cokeromyces recurvatus*, 是从兔子粪上分离的。上述性状中有一些的确与笄霉科相近,如许多小型孢子囊长在孢囊梗顶端膨大的泡囊上,深色孢子等等,但在孢子形态上则与笄霉科相差较远(无线状条纹,两端无成束的细丝,有的还可以有网状的附属物);此外,笄霉科目前已知的种没有一个是从小粪上分离出来的,也没有一个是同宗配合的,因此,把这个属排除在笄霉科之外还是较为妥当的。至于 *Cokeromyces* 应否放到枝霉科内,我们暂时还没有肯定的意见。这个属只有小型孢子囊而无大型孢子囊,孢囊梗顶端膨大成泡囊,孢囊孢子是深色的,而且部分孢囊孢子的表面带有网状的附属物,这些性状与枝霉科的一般特性也是不相符合的。

Poitras (1955) 强调笄霉科的所有孢子都具有线状条纹并强调其接合孢子的配囊柄都是钳状而下部互相扭结的。但 *C. infundibulifera* 的“分生孢子”和孢囊孢子、*C. conjuncta* 的“分生孢子”以及 *G. persicaria* 的孢囊孢子均无线状条纹,而 *Gilbertella* 接合孢子的配囊柄也不是钳状而下部互相扭结的。因此,不应把这两个性状强调为本科的主要性状。我们认为,笄霉科的特性应该是综合性的:大、小型孢子囊和“分生孢子”分别长在不同的孢子枝上,各种孢子大多是深色而有线状条纹,孢囊孢子大多在两端有成束的细丝,是一个弱寄生菌,可以寄生在高等植物之上。

Choanephoraceae 科分属检索表

1. 配囊柄平行对生; 接合孢子表面粗糙..... *Gilbertella*
 1. 配囊柄钳状, 其下部互相扭结; 接合孢子表面光滑, 但有綫状条紋..... *Choanephora*

Gilbertella Hesseltine, Bull. Torrey Bot. Club 87: 24, 1960.

菌絲生长迅速, 分枝繁茂, 白色或稍带黄色, 老后灰色; 孢囊梗一般简单、不分枝, 直立、弯曲或点头状; 大型孢子囊长在孢囊梗的末端, 球形, 孢囊壁一般在水中不消解而纵裂成两半或成块破裂; 囊軸梨形至近球形; 孢囊孢子在两端有成束而无色的細絲; 无小型孢子囊或“分生孢子”; 菌絲体及孢囊梗上常有厚垣孢子; 配囊柄平行对生; 接合孢子表面粗糙, 在气生的接合孢子梗上形成; 异宗配合。

Gilbertella 属与笄霉属的主要区别在于配囊柄是平行对生而不是钳状的, 接合孢子表面粗糙并且没有綫状条紋。此外, *Gilbertella* 除大型孢子囊外没有其它孢子器官, 而 *Choanephora* 属内大多数的种有大、小型孢子囊和“分生孢子”等器官。

只有 1 个种:

Gilbertella persicaria (Eddy) Hesseltine, Bull. Torrey Bot. Club 87: 24, 1960,

= *Choanephora persicaria* Eddy, Phytopath. 15: 610, 1925.

菌丛高約 0.3—1.0 厘米, 生长頗茂盛, 起初白色, 后稍带黄色, 最后褐灰色, 稀疏而不紧密; 孢囊梗大多直接从基础菌絲上长出, 简单、不分枝, 无分隔, 下部透明无色且与菌絲体区别不明显, 上部逐渐变粗并略带淡褐色, 在弯曲部分最宽, 到孢子囊底部又变狭窄, 直径 12—37 微米, 直立、弯曲或点头状; 孢子囊起初黄色, 后褐色, 球形或略带扁形, 直径 67—223 微米, 在水中不消解而成块破裂, 常纵裂成两半, 孢囊壁的碎片淡褐色或淡紫褐色; 囊軸大多梨形, 較小的橢圓-卵圆形、卵圆形至扁球形, 透明或具有黄色的油胞或顆粒状内含物, 47—134 × 35—104 微米, 壁光滑, 无色、淡褐色或較少淡紅褐色, 下部带有小块的孢囊壁的残留部分; 孢囊孢子橢圓-卵圆形、卵圆形, 中部稍大, 两端常带尖形, 有时一边較扁平, 5—15 × 4—12 微米, 較少球形而直径 5—12 微米, 透明无色, 无綫状条紋, 常含有 1 至数个油点, 两端各有 3—6 根成束而无色的細絲, 其长度約为孢子的 1—1.5 倍; 菌絲上和孢囊梗上常有間生、单个或成串的厚垣孢子; 配囊柄平行对生, 淡橙褐色, 壁粗糙, 与接合孢子梗连接部分直径仅 10 微米左右, 逐渐膨大, 最大部分直径約 43—52 微米, 到与接合孢子接触处又略变狭窄; 接合孢子表面粗糙, 有鈍形或尖形的突起, 起初褐色, 后深褐色, 直径 62—86 微米; 异宗配合。

土壤分离: 上海(9182), 广东海南(11389); 香蕉皮上分离: 广东海南(11516b); 腐烂的野果上分离: 广东海南(11518); 烂紙上分离: 广东海南(11517b)。

国外分布: 美国, 巴拿馬, 巴西。

早在 1918 年, Mix 就从腐烂的桃子上分离到此菌。1925 年, Eddy 把它叫作 *Choanephora persicaria*。后来 Zycha (1935) 把它合并到 *Blakeslea trispora* (= *Choanephora trispora*) 种内。尽管 Hesseltine (1953) 沒有看見过这个种的菌株, 但是他不同意取消它。当 1960 年他重新获得此菌的材料并且和 Eddy 原来的菌株作了比較之后才証实它不但是一个独立的种, 而且还是一个独立的新属, 因为它的有性器官和 *Choanephora* 是不同的。Hesseltine (1960) 把这个新属定名为 *Gilbertella*, 而种的名称就变为 *G. persicaria*。

在 Eddy (1925) 首次描述 *G. persicaria* 时, 他报告說孢囊孢子上面有不明显的綫

状条纹,但在 Hesseltine (1960) 的描述中却没有提及。在我们的观察中,这个种的孢囊孢子也是没有线状条纹的。

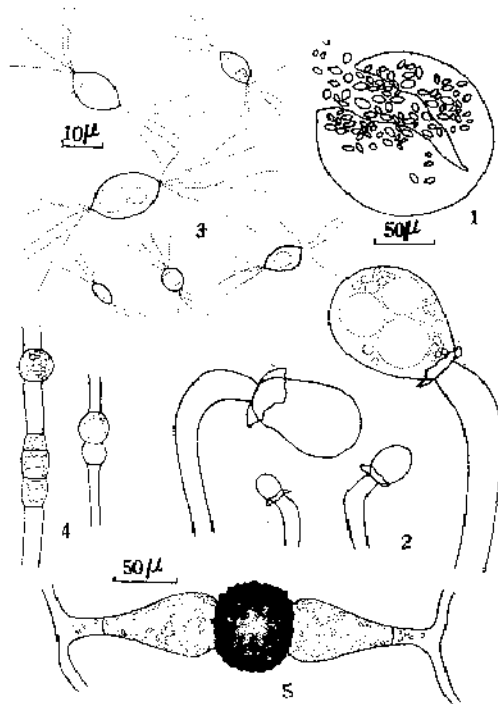


图1 *Gilbertella persicaria*. 1. 在水中不溶解而纵裂成两半的孢子囊; 2. 孢囊梗和囊轴; 3. 孢囊孢子; 4. 菌丝上的厚垣孢子; 5. 接合孢子。

Hesseltine (1960)曾报告说,在他分离到的 17 号菌株中,根据培养物在 PDA、麦芽琼胶等几种培养基上的生长情况, *G. persicaria* 可以明显地分为 2 种类型。我们在工作中也注意到了这种情形。我们在国内分离到这个种 5 次,其基物分别为:土壤(2 次)、香蕉皮、腐烂的野果和烂纸。这 5 个菌株在 SMA 培养基上的生长情况是一致的,但在 PDA 培养基上的生长情况则明显地分为 2 种类型:自腐烂野果上分离的 11518 号菌株较高,气生菌丝很多,与笄霉属的培养物相似;而其它 4 号菌株菌丛较矮,气生菌丝很少,与根霉属 (*Rhizopus*) 的生长情况更为接近。所有 5 号菌株在接种到桃子上时均可使桃子在 5—6 天左右的时间内整个地腐烂并在桃子的表面上长满了孢子囊,其腐烂征状与 Eddy (1925) 和 Hesseltine (1960) 所报告的相同,即较坚实而不软化。在不用任何菌株接种和以 *Choanephora cucurbitarum* 接种的对照中则桃子不发生上述腐烂。

Choanephora Currey, J. Linn. Soc. Bot. 13: 578, 1873.

= *Cunninghamia* Currey, J. Linn. Soc. Bot. 13: 334, 1873.

= *Choanephorella* Vuillemin, Bull. Soc. Mycol. Fr. 20: 28, 1904.

= *Blakeslea* Thaxter, Bot. Gaz. 58: 353, 1914.

菌丝生长迅速,分枝繁茂,白色或稍带黄色;大型孢子囊、小型孢子囊及“分生孢子”长在不同的孢子枝上,一般有其中的两者,有时只有其中之一;产生大型孢子囊的孢囊梗一般简单、不分枝,直立、弯曲或点头状,产生小型孢子囊的孢囊梗直立,顶端直接膨大成一孢囊或双叉状分枝数次,在分枝末端才形成孢囊;大型孢子囊长在孢囊梗的末端,球形,小型孢子囊长在孢囊梗末端的孢囊上的小梗上面,卵圆形至近球形;囊轴在大型孢子囊内,梨形至近球形,小型孢子囊内无囊轴;大、小型孢子囊内的孢囊孢子大致相等,孢囊孢子大多有线状条纹,褐色,两端大多有成束而无色的细丝;“分生孢子”梗直立,一般简单、不分枝,末端膨大成一个孢囊,在孢囊上生次生分枝,次生分枝顶端又膨大成孢囊,但主枝有时也可以不膨大成孢囊而直接分枝一至数次,在分枝末端才膨大成孢囊;“分生孢子”长在孢囊上面的小梗上,大多有线状条纹,褐色,一端常有一透明无色的小突起;菌丝上有或没有厚垣孢子;配囊柄钳状,下部互相扭结;接合孢子表面近乎光滑,一般均有线状条纹;目前所知道的种均为异宗配合。

如上所述, *Choanephora* 一属是 Currey (1873) 根据 *Choanephora cunninghamiana* (= *C. infundibulifera*) 成立的。起初他把这个菌叫 *Cunninghamia infundibulifera*, 随即

发现它和针叶类植物的杉属 (*Cunninghamia*) 的属名相同, 所以更正属名为 *Choanephora*。

Vuillemin (1904) 建议为 *Rhopalomyces cucurbitarum* Berkeley et Ravenel 成立 *Choanephorella* 一属, 但 *Rhopalomyces* 为半知菌的一个属, *R. cucurbitarum* 又是 *Choanephora cucurbitarum* 的异名, 而且 Vuillemin 在提出 *Choanephorella* 时也没有描述或绘图, 因此这个属名是不合法的。

至于 *Blakeslea* 一属被取消的根据, 上面已有讨论, 这里就不赘述了。

Choanephora 的主要性状除科的特性外最重要的一点是接合孢子表面近乎光滑, 但有綫状条纹, 配囊柄钳状, 其下部互相扭结。

Choanephora 目前已知的种有 6 个, 除 *C. heterospora* Mehrotra et Mehrotra 外, 其它 5 种在国内均有分布。这 5 个种的检索表如下:

Choanephora 属分种检索表

1. 只有大型孢子囊而无小型孢子囊和“分生孢子”; 孢囊孢子长度一般在 13 微米以下..... *C. circinans*
1. 除大型孢子囊外还有小型孢子囊或“分生孢子”; 孢囊孢子长度一般在 13 微米以上..... 2
2. 除大型孢子囊外还有小型孢子囊而无“分生孢子”..... *C. trispora*
2. 除大型孢子囊外还有“分生孢子”而无小型孢子囊..... 3
3. “分生孢子”有綫状条纹, 两端尖圆; 次生孢囊老后脱落而不皱缩成漏斗状..... *C. cucurbitarum*
3. “分生孢子”无綫状条纹, 两端钝圆; 次生孢囊老后不脱落而皱缩成漏斗状..... 4
4. 孢囊孢子有綫状条纹, 两端有成束的细丝..... *C. conjuncta*
4. 孢囊孢子无綫状条纹, 两端无成束的细丝..... *C. infundibulifera*

Choanephora circinans (Naganishi et Kawakami) Hesseltine et Benjamin, *Mycologia* 49: 724, 1957.

= *Blakeslea circinans* Naganishi et Kawakami, *Bull. Fac. Eng. Hiroshima Univ.* 4: 183, 1955.

菌丛高约 0.5 厘米, 生长不茂盛, 起初白色, 后稍带黄色, 稀疏而不紧密; 无“分生孢子”梗或产生小型孢子囊的孢囊梗; 产生大型孢子囊的孢囊梗直接从气生菌丝上长出, 简单、不分枝, 无分隔, 下部透明无色且与菌丝体区别不明显, 上部逐渐变粗并带有浅紫褐色, 直径 12—24 微米, 直立、弯曲或点头状; 孢子囊起初黄色, 后褐色, 球形, 直径 47—136 微米, 表面光滑或呈颗粒状, 在水中不溶解而成块破裂, 孢囊壁的碎片红棕色; 囊轴大多梨形, 较小的卵圆形至扁球形, 47—100×29—63 微米, 壁光滑, 浅紫褐色, 下部带有大块的孢囊壁的残留部分; 孢囊孢子卵圆-椭圆形, 有时一边较扁平, 7—14×5—7 微米, 单个时亚透明, 成堆时浅褐灰色, 有綫状条纹, 但不明显, 两端各有 6—8 根成束而无色的细丝, 长度约与孢子长度相等; 菌丝上常有间生、单个或较少成串的厚垣孢子; 配囊柄钳状, 下部互相扭结, 两个配囊柄大小相等, 上部靠近接合孢子的地方常有黄色的油胞; 接合孢子在菌丛的底部形成, 暗红棕色至褐黑色, 中间有一个大油点, 亚球形至球形, 直径 36—98 微米, 接合孢子壁光滑, 上面有清楚的綫状条纹, 极易破碎; 异宗配合。

土壤分离: 北京(9373), 四川成都(8129)、新都(8138)、涪陵(9410a), 福建福州(9798c, 9801), 广东鼎湖山(9271b, 9272b), 广西南宁(11194); 榕树落果上分离: 福建福州(9644a); 烂香蕉上分离: 广东海南(11515a); 豇豆落叶上分离: 广东海南(11509a); 烂玉米轴上分离: 广东海南(11513); 烂纸上分离: 广东海南(11507, 11522b)。

国外分布: 日本, 美国, 巴拿马。

Naganishi 和 Kawakami (1955) 首次从日本的土壤中找到了这个菌, 当时定名为

Blakeslea circinans。不久 Hesseltine 和 Benjamin (1957) 从日本获得了该菌种, 又在美国分离到了另外一些菌株, 经过观察后把它转到 *Choanephora* 属内, 并且第一次报导了它的接合孢子。

C. circinans 与 *Choanephora* 其它各种的主要区别有三点: (1) 孢子器官只有大型孢子囊, (2) 孢囊孢子颜色较浅, (3) 孢囊孢子显著地小于其它的种。

C. circinans 目前已知的菌株几乎全部是从土壤中分离到的, 只有 Hesseltine 和 Benjamin (1957) 报告说从纺织物上找到过一次, 在植物花部上尚未见有任何报导, 这一点也是和这个属内其它各种不同的。我们在国内共找到 15 次, 其中 8 次是从南方的土样中分离到的, 1 次是在北方的土样中找到的, 另外 6 次则是从烂果、烂叶等腐烂物质上分离到的。我们也获得了它的接合孢子的材料, 其形态和形成过程与 Hesseltine 和 Benjamin (1957) 描述的完全一致。

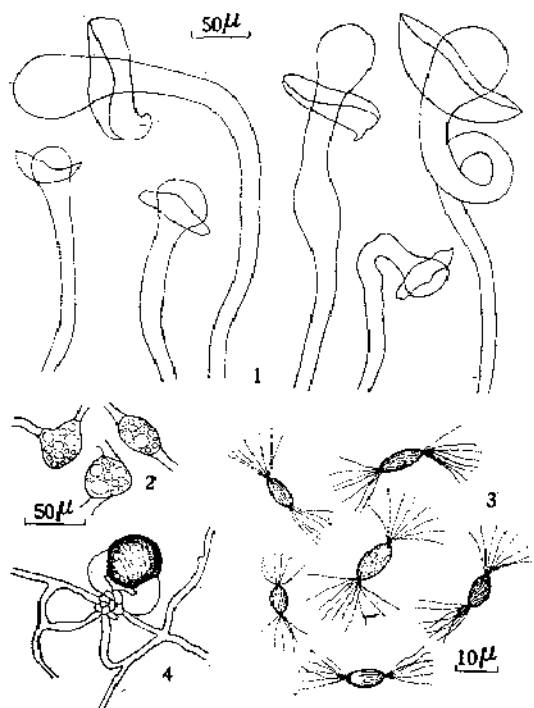


图2 *Choanephora circinans*. 1. 孢囊梗和囊轴; 2. 菌丝上的厚垣孢子; 3. 孢囊孢子; 4. 接合孢子。

Choanephora trispora (Thaxter) Sinha, Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B, 11: 169, 1940.

= *Blakeslea trispora* Thaxter, Bot. Gaz. 58: 353, 1914.

= *Choanephora dichotoma* Gandrup, Besoek. Proefstat Medel. 3: 5, 1923.

菌丛高约 0.2—0.5 厘米, 起初白色, 后稍带黄色, 密度中等; 孢囊梗从气生菌丝上长出, 起初直立, 很快下弯, 宽约 15—26 微米, 透明无色, 产生大型孢子囊的孢囊梗简单不分枝, 直立、弯曲或点头状, 产生小型孢子囊的孢囊梗在上部拟双叉状或双叉状分枝数次, 分枝长约 24—37 微米, 宽约 15—18 微米, 成孢囊状鼓起, 每一个分枝顶端膨大成一个孢囊, 孢囊直径 32—47 微米, 上面有许多球形的小梗; 大型孢子囊球形, 直径 31—147 微米, 起初黄色, 上面有小突起状物, 成熟后黑褐色, 表面近乎光滑, 孢囊壁在水中不消解, 常破裂成两半; 小型孢子囊卵圆形至近球形, 大小 12—19×11—17 微米, 亚透明至淡褐色, 内有 2—6 个孢子, 大多 3 个孢子; 囊轴在大型孢子囊内, 梨形、长圆形或半球形, 18—98×14—74 微米, 浅褐色, 下部带有小块的孢囊壁的残留部分, 小型孢子囊内无囊轴; 大、小型孢子囊内的孢囊孢子大致相同, 椭圆形, 两端钝圆或稍带尖形, 8—16×5—9 微米, 褐色, 有清楚的横状条纹, 两端各有十数根至数十根的成束而无色的细丝, 长度约为孢子的 1—1.5 倍; 菌丝上有厚垣孢子; 接合孢子未见, 根据 Weber 和 Wolf (1927) 的描述, 配囊柄锚状, 下部互相扭结, 接合孢子球形或略带扁形, 直径 38—63 微米, 中间有一个大油点, 黑褐色, 有横状条纹; 异宗配合。

土壤分离: 江苏吴县(6608), 上海(9798), 浙江宁海(9667), 福建福州(9717a); 香蕉皮上分离: 广东海南(11516a); 豇豆薹叶上分离: 广东海南(11509b); 烂纸上分离: 广东海南(11522a)。

国外分布: 印度, 印度尼西亚, 美国, 巴拿马。

C. trispora 是 Thaxter (1914) 在培养 *Botrytis* 时发现的一个污染菌, 当时他把它叫 *Blakeslea trispora*, 并在这个基础上成立 *Blakeslea* 一属。以后在植物的薹花、落叶上被多次报导, 尤其是在烟草的落叶上被报导过的次数最多。Weber 和 Wolf (1927) 描述了它的接合孢子, 并且指出它是异宗配合的。

Weber 和 Wolf (1927) 认为, *Choanephora dichotoma* 是 *C. trispora* 的异名, 他们说 Gandrup (1923) 在报导该新种时没有作出描述, 因此 *C. dichotoma* 是不能成立的。

Sinha (1940) 报告说看到了 *B. trispora* 的小型孢子囊中有时只有单个的孢子, 因此把它转移到 *Choanephora* 属内。我们同意这一合并, 理由已如上述。

Choanephora cucurbitarum (Berkeley et Ravenel) Thaxter, *Rhodora* **5**: 102, 1903.

= *Rhopalomyces cucurbitarum* Berkeley et Ravenel, *Grevillea* **3**: 109, 1875.

= *Rhopalomyces elegans* Corda var. *cucurbitarum* Marchal, *Rev. Mycol.* **15**: 11, 1893.

= *Choanephora americana* Moeller, *Phycomyceten und Ascomyceten* 393, 1901.

= *Cunninghamella manshurica* Saito et Naganishi, *Bot. Mag. Tokyo* **29**: 285, 1915.

= *Choanephora manshurica* (Saito et Naganishi) Tai, *Sinensia* **4**: 219, 1934.

菌丛高约 0.5—1 厘米, 起初白色, 后稍带黄色, 老后又变灰白色, 棉絮状; 孢囊梗简单不分枝, 直立、弯曲或点头状, 无色, 宽约 15—31 微米; 孢子囊球形, 褐色, 直径 39—158 微米, 孢囊壁在水中不溶解而常常纵裂成两半; 囊轴梨形至卵圆形, 淡褐色至无色, 45—126 × 32—84 微米; 孢囊孢子拟卵圆形至拟椭圆形, 有时甚至三角形, 10—29 × 7—13 微米, 褐色, 一般有线状条纹, 有时线状条纹不甚明显或甚至完全看不见, 每端各有 8—18 根成束而无色的细丝, 长度约为孢子的 0.5—1.5 倍; “分生孢子”梗直立, 无分隔, 透明无色, 宽约 17—30 微米, 上部稍粗, 有时顶端只有一个孢囊, 通常在孢囊上还长许多分枝, 分枝末端再膨大成孢囊, 分枝一般简单而不分枝, 但偶然也有个别分枝可以再分枝的, 还有一些“分生孢子”梗顶端不膨大成孢囊而直接双叉状或拟双叉状分枝 1—3 次, 在分枝末端才形成孢囊; 孢囊直径约为 25—54 微米, 透明无色, 上面有许多小突起, 老后脱落; “分生孢子”长在孢囊上面的小突起上, 椭圆—拟卵圆形, 两端尖形, 有时一边较平直, 10—26 × 7—13 微米, 较少可长达 41 微米, 褐色, 有线状条纹, 一端常有一透明无色的小突起; 菌丝上有或无厚垣孢子; 配囊柄钳状, 下部互相扭结; 接合孢子球

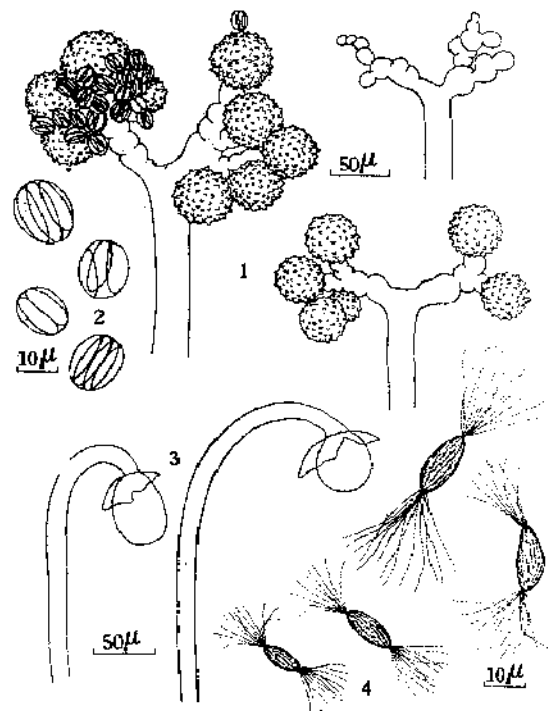


图3 *Choanephora trispora*. 1. 小型孢子囊, 孢囊和孢囊梗; 2. 小型孢子囊; 3. 产生大型孢子囊的孢囊梗和囊轴; 4. 孢囊孢子。

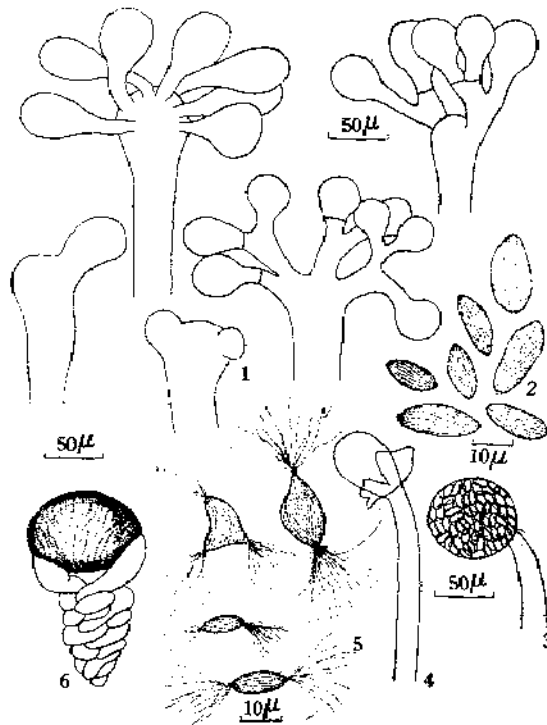


图4 *Choanephora cucurbitarum*. 1.“分生孢子”梗和孢囊；2.“分生孢子”；3.孢子囊和孢囊梗；4.孢囊轴和孢囊梗；5.孢囊孢子；6.接合孢子。

形或略带扁形,直径 42—74 微米,成熟后黑褐色,中间有一个大油点,有线条状纹;异宗配合。

菜園土壤分离:四川南塔(9393,9394)、涪陵(9458)、成都(9547)、广西南宁(11176);荒地土壤分离:广州(1440);土壤分离:北京(9944a),贵州贵阳(9335d),安徽祁门山(9149),福建泉州(9576)、漳湖板(9587,5748);南瓜蒴果上分离:北京(9101);北京怀柔(5812),广西南宁(11204),广东海南(11511);丝瓜蒴果上分离:北京(5781b,9364),广西南宁(11183);葫芦蒴果上分离:北京怀柔(5810);冬瓜蒴果上分离:广东海南(11514);蒴果蒴果上分离:北京(5641,9366),北京怀柔(5806);茄子蒴果上分离:北京(5770b,9358),北京怀柔(5814);锦葵蒴果上分离:北京(5778b);蜀葵蒴果上分离:北京(5886a);木槿蒴果上分离:北京(9368),福建福州(9629);牵牛花蒴果上分离:北京(5774b,5847b,9367);扶桑蒴果上分离:北京(5859b,5861b,9105a);茉莉蒴果上分离:北京(5878);天人菊蒴果上分离:北京(5870b);凤眼莲蒴果上分离:北京(5877b);八仙花蒴果上分离:北京(5557);槿花蒴果上分离:北京(11567),广州(6257b);月见草蒴果上分离:北京(5846);凤铃草蒴果上分离:北京(5872a);曼陀罗蒴果上分离:北京(9359);蒲花上分离:北京(5907);烂瓜上分离:北京怀柔(5739),广东海南(11417);烂香蕉上分离:广东海南(11515b);烂茄子叶上分离:山西大同(11613a);树皮上分离:广东海南(11422);烂纸上分离:广东海南(11429,11517a);烂布上分离:广东海南(11521b);馒头(上)分离:广西南宁(11226)。

国外分布:日本,缅甸,印度,印度尼西亚,马来亚,加纳,美国,巴西,墨西哥,法国。

C. cucurbitarum 是南瓜花和南瓜上著名的寄生菌,在适宜条件下可以引致瓜类的腐烂或花腐病害并造成损失,这个菌最初也就是在南瓜上分离到的。Berkeley 和 Ravenel (1875)在第一次描述时把它放到 *Rhopalomyces* 属内(*R. cucurbitarum*)。Marchal (1893)根据 Thaxter 的意见认为 *C. cucurbitarum* 可能是 *Rhopalomyces elegans* 的一个变种故错称为 *R. elegans* var. *cucurbitarum*。后 Moeller (1901)又从巴西的洋麻上分离到这个菌成立 *C. americana*,但不久他把这个菌与 Thaxter 的 *C. cucurbitarum* 核对后就认识到两者实际上为同一的菌。Thaxter (1903)第一次正确地提出了 *C. cucurbitarum* 的组合。Wolf (1917)也找到了它的接合孢子。

Saito 和 Naganishi (1915)从空气中分离到一个“分生孢子”梗顶端双叉状分枝的 *Cunninghamella* (*C. manshurica*),但“分生孢子”具有线条状条纹且为深色孢子, Fitzpatrick (1930)早就指出了此种与 *Choanephora* 的关系较与 *Cunninghamella* 的关系密切;戴芳澜 (1934)找到了它的孢囊孢子和接合孢子,完全证实了转移到 *Choanephora* 属内的正确性。由于该菌的“分生孢子”梗顶端是双叉状分枝的,这一性状在 *Choanephora* 属内其它的种均未见报导,而且它的“分生孢子”似较 *C. cucurbitarum* 为大,因此戴芳澜认为系一

个独立的种而将 Saito 和 Naganishi 的 *Cunninghamella manshurica* 组成 *Choanephora manshurica*。我们在 *Choanephora cucurbitarum* 的材料中有五分之一左右 (5577, 5774b, 5781b, 5810, 5812, 5861b, 5870b, 5877b, 5878, 5907, 11613a) 在第一次分离时也看到了“分生孢子”梗顶端双叉状分枝的情况,因此起初也把这些菌株定名为 *C. manshurica*,但随即发现这一性状是不稳定的,在经过数次移植后可以逐渐消失,而另外一些在第一次分离时“分生孢子”梗顶端不分枝的菌株在重复培养时也可以出现分枝的情况,因此我们同意 Zycha (1935), Hesseltine (1953), Boedijn (1958) 等人的意见把它合并到 *C. cucurbitarum* 一起。

在过去许多报导中 (例如 Saccardo, 1886, 1902, 1905; Thaxter, 1903; 戴芳澜, 1934; Zycha, 1935; Naumov, 1939; Christenberry, 1940; Sinha, 1940; Hesseltine, 1953), *C. cucurbitarum* 的孢囊孢子都被描述为光滑而无纹状条纹,伊藤藏哉(1936)描述为有不清楚的纹状条纹,Boedijn (1958) 描述为有不清楚的纹状条纹或完全光滑无纹状条纹,只有 Poitras (1955) 报导说他看过的 20 个菌株中全部有清楚的纹状条纹。在我们的观察中,孢囊孢子上的纹状条纹可因菌株的不同而明显程度也不同,如 5748 号就很清楚,其它大多数有不明显的纹状条纹,少数完全看不见纹状条纹。

C. cucurbitarum 各种孢子的形成对环境因子是很敏感的, Barnett 和 Lilly (1950, 1955, 1956) 在这方面已有很多工作。我们粗放地进行了一些试验,其结果与他们的报导大致相符合。

***Choanephora conjuncta* Couch, J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 41: 143, 1925.**

菌丛高约 0.5—0.8 厘米,起初白色,后带黄色,菌丝茂盛,稠密;孢囊梗简单,较少直立,一般弯曲或点头状,透明无色,宽约 7—14 微米;孢子囊球形,直径 30—74 微米,上面有小瘤状突起,起初无色透明,后带褐色,在水中孢囊壁不消解而成块破裂;囊轴圆锥形至球形,直径 15—40 微米,透明无色;孢囊孢子在每一个孢子囊内数个至 40 个,褐色带紫色,椭圆形至亚椭圆形,大多平直,较少弯曲,两端或多或少地尖形,12—25 × 7—10 微米,有纹状条纹,每端各有 10—20 根无色的细丝,其长度约为孢子长度的 1—1.5 倍;“分生孢子”梗简单,宽约 25—30 微米,透明无色,顶端稍膨大,直径 40—52 微米,其上产生许多分枝,分枝的顶端又膨大成短棍棒状的孢囊,孢囊直径 27—40 微米,上面有许多小梗,孢子成熟脱落后孢囊仍保留不脱落而皱缩成漏斗状;“分生孢子”起初黄色,成熟后紫褐色,未成熟时颗粒状,成熟后光滑,无纹状条纹,拟椭圆形、拟卵圆形至近球形,两端钝圆,

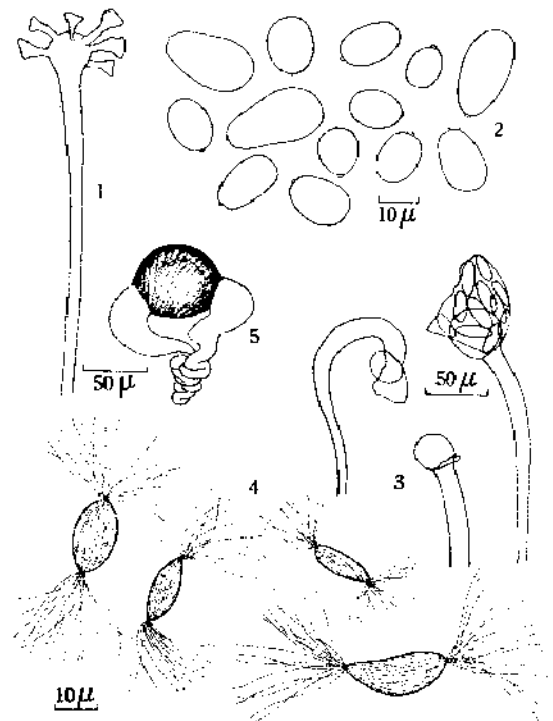


图 5 *Choanephora conjuncta*. 1. “分生孢子”梗和孢囊; 2. “分生孢子”; 3. 孢囊梗和囊轴; 4. 孢囊孢子; 5. 接合孢子。

一端常较另一端为大,在较小的一端上常有一透明无色的小突起, $11-27 \times 10-13$ 微米;菌丝上有厚垣孢子;配囊柄钳状,下部互相扭结;接合孢子球形、近球形或扁球形,直径 $28-76$ 微米,中间有一个大油点,起初无色至淡褐色,成熟后暗黑色,有綫状条纹;异宗配合。

棉花地土壤分离:北京(9361);扶桑薔花上分离:北京(11569b);薔花上分离:广东海南(11520);烂布上分离:广东海南(11521a)。

国外分布:日本,印度尼西亚,美国。

Couch (1925) 在成立 *C. conjuncta* 时即把“分生孢子”描述为光滑而无綫状条纹,但 Poitras (1955) 报告说 *C. conjuncta* 的“分生孢子”也有綫状条纹,建议合并到 *C. cucurbitarum* 内。Hesseltine 和 Benjamin (1957) 证实 *C. conjuncta* 的“分生孢子”确无綫状条纹,而且其它形态与 *C. cucurbitarum* 相差甚远而反对这一合并。

C. conjuncta 在形态上和 *C. infundibulifera* 非常接近,主要区别在于前者的孢囊孢子有綫状条纹,而且两端有成束的细丝,而后的孢囊孢子既无綫状条纹,两端亦无成束的细丝。Boedijn (1958) 把 *C. conjuncta* 合并到 *C. infundibulifera* 显然是不对的,两者应系两个各自独立的种。

Choanephora infundibulifera (Currey) Saccardo, Syll. Fung. 9: 339, 1891.

= *Cunninghamia infundibulifera* Currey, J. Linn. Soc. Bot. 13: 334, 1873.

= *Choanephora cunninghamiana* Currey, J. Linn. Soc. Bot. 13: 578, 1873.

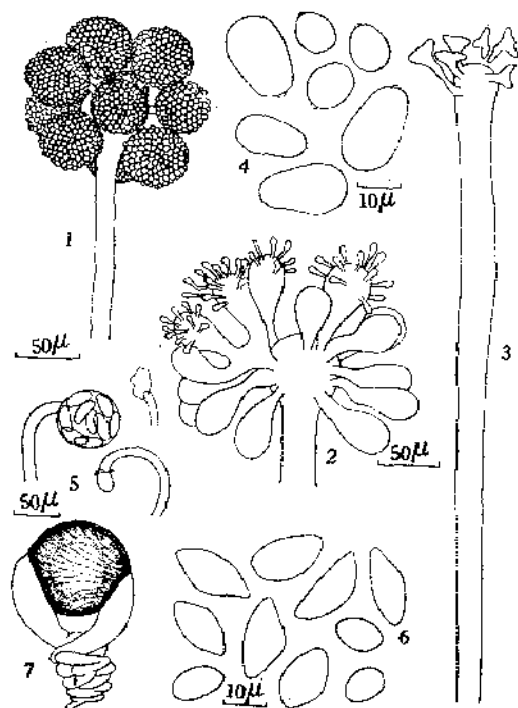


图6 *Choanephora infundibulifera*. 1. “分生孢子”和“分生孢子”梗; 2. 孢囊在未形成“分生孢子”前的生长情况; 3. 孢囊在“分生孢子”成熟脱落后生长情况; 4. “分生孢子”; 5. 孢子囊、孢囊梗和囊轴; 6. 孢囊孢子; 7. 接合孢子。

菌丛高约 $0.5-0.8$ 厘米,起初白色,后带黄色,菌丝茂盛,稠密;孢囊梗简单,较少直立,一般弯曲或点头状,透明无色,宽约 $5-10$ 微米;孢子囊球形,直径 $27-54$ 微米,上面有小瘤状突起,起初透明无色,后带褐色,孢囊壁在水中不溶解而成块破裂;囊轴半球形, $8-18 \times 12-23$ 微米,透明无色;孢囊孢子在每一个孢子囊内一般只有 $5-9$ 个,很少超过 10 个,也有达 20 个左右的,褐色带紫色,形状不规则,大多椭圆形而中部稍大,或卵圆形至拟椭圆形,两边常不对称,平直或稍弯曲, $12-25 \times 7-15$ 微米,大多 $14-20 \times 9-10$ 微米,光滑,无綫状条纹,两端亦没有成束而无色的细丝;“分生孢子”梗简单,宽约 $15-44$ 微米,透明无色,顶端稍膨大,直径 $37-61$ 微米,上面产生许多分枝,长约 $12-29$ 微米,宽约 $5-10$ 微米,分枝简单或再分枝 1 次,顶端又膨大成短棍棒状的泡囊,泡囊 $36-56 \times 31-36$ 微米,透明无色,上面有许多小梗,孢子成熟脱落后泡囊仍保留不脱落,但皱缩成漏斗状,此时之大小为 $29-44 \times 17-29$ 微米;“分生孢子”黄色,成熟后紫褐色,未成熟时颗粒状,成熟后光滑,无綫状条

紋; 拟椭圆形、拟卵圆形至近球形, 两端钝圆, 一端常较另一端为大, 在较小的一端上常有一透明无色的小突起, $10-35 \times 9-20$ 微米, 萌发时产生 1—3 个芽管; 菌絲上有或无厚垣孢子; 配囊柄鉗状, 其下部互相扭結; 接合孢子球形或略带扁形, 直径 $40-74$ 微米, 成熟时黑褐色, 中间有一个大油点, 有綫状条紋; 异宗配合。

土壤分离: 广州(1580); 棉花蓼花上分离: 北京(4165, 5590), 北京怀柔(5807); 泽麻蓼花上分离: 北京(5643); 茄子蓼花上分离: 北京(5664, 5770a); 馬鈴薯蓼花上分离: 北京(5666, 5775); 甘薯蓼花上分离: 广州(6277); 豇豆蓼花上分离: 北京(5662, 5779), 广州(6255); 扁豆蓼花上分离: 北京(5769); 花生蓼花上分离: 北京(5670); 絲瓜蓼花上分离: 北京(5781a), 北京怀柔(5811), 广州(6244); 錦葵蓼花上分离: 北京(5778c); 蜀葵蓼花上分离: 北京(5886b); 秋葵蓼花上分离: 北京(5874); 大丽菊蓼花上分离: 北京(4164, 4174, 5883, 5884), 广州(6264); 万寿菊蓼花上分离: 北京(5887); 木槿蓼花上分离: 北京(5646a, 5663, 5772, 5851); 啄木花蓼花上分离: 北京(5933); 扶桑蓼花上分离: 北京(5859a, 5860, 5861a, 5862, 5863b, 9205b), 广西南宁(11151, 11186); 牽牛花蓼花上分离: 北京(5774a, 5847a); 风鈴草蓼花上分离: 北京(5872b); 繡花蓼花上分离: 广州(6257a); 軟枝黄蟠花蓼花上分离: 广州(6256); 紅杏蓼花上分离: 广州(6253); 水浮蓮蓼花上分离: 广州(6262); 宝槿花蓼花上分离: 广州(6260); 吊鐘芙蓉蓼花上分离: 广州(6259); 茉莉蓼花上分离: 广州(6248); 大紅吊鐘蓼花上分离: 广州(6263); 蓼花上分离: 广州(6245), 广东海南(11519)。

国外分布: 印度。

前面在叙述苣霉科和苣霉属的历史时已一再述及这个种的成立经过。Currey (1873) 根据 Cunningham 在 *Hibiscus* 和 *Zinnia* 等植物的花部上找到的材料描述了 *Choanephora infundibulifera* 并成立了 *Choanephora* 一属。起初他把这个菌叫 *Cunninghamia infundibulifera*, 后因属名不合法而改为 *Choanephora cunninghamiana*; 由于他没有保留 *infundibulifera* 的种名, 所以这个学名仍然是不能成立的。以后 Saccardo (1891) 才采用了 *Choanephora infundibulifera* 这一正确的組合, 但他却把定名人归諸 Cunningham, 实际上 Cunningham (1879, 1895) 从来没有采用过这一組合, 正如 Hesseltine (1953) 所指出的, Saccardo 本人才是真正的定名人。

Zycha (1935) 把 Cunningham (1895) 的 *C. simsoni* 当作 *C. infundibulifera* 的异名, 但根据原始的描述, *C. simsoni* 的“分生孢子”和孢囊孢子都有綫状条紋, 孢囊孢子两端有成束的細絲, 而 *C. infundibulifera* 的“分生孢子”和孢囊孢子均无綫状条紋, 孢囊孢子两端亦无成束的細絲, 两者显然是不同的。此外, *C. simsoni* 的“分生孢子”梗上的孢囊頂部是平截的, 在进行人工培养时可以完全不形成初生及次生的孢囊而在“分生孢子”梗的兩側直接生出小梗, 这些性状与 *Choanephora* 属內其它的种也有一定的区别。Hesseltine (1953) 把 *C. simsoni* 作为可疑种, 我們认为这样处理似較妥当。

自 1873 年在印度第一次发表后, *C. infundibulifera* 在我国的发现是该种在世界上其它地区的首次报导。Boedijn (1958) 虽曾在印度尼西亚报导过此种, 但根据他的描述——孢囊孢子两端有成束的細絲且有綫状条紋, 显然系 *C. conjuncta* 而非 *C. infundibulifera*。

过去认为 *C. infundibulifera* 的各种孢子都没有綫状条紋, 根据我們对 *C. infundibulifera* 53 个菌株的观察, 孢囊孢子和“分生孢子”的确是光滑的, 没有綫状条紋, 但接合孢子則有很清楚的綫状条紋。因此, 可以說, *Choanephora* 属內目前已知的所有种的接合孢子都有綫状条紋。

C. infundibulifera “分生孢子”和孢囊孢子形成的条件大致与 *C. cucurbitarum* 一样, 即“分生孢子”在温度 $24-26^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 50% 以下, 经过 2 天光照后放在黑暗中培养时

发育良好;孢囊孢子在温度 30—32°C,相对湿度 50—100%,在黑暗中培养时也可以形成多量的孢囊孢子。

討 論

笄霉科內的某些性状似乎可以用来說明各个种間的亲緣关系和系統地位。这个科的进化趋向似乎是:在有性阶段方面,配囊柄从平行对生到鉗状,接合孢子从粗糙到光滑;无性阶段方面,孢子器官从大型孢子囊到小型孢子囊、到“分生孢子”,大型孢子囊逐渐变小,孢子囊內的孢囊孢子数目逐渐减少,囊軸逐渐退化,孢囊孢子逐渐变大,綫状条紋逐渐明显以后又逐渐消失、两端成束的細絲逐渐消失,以及“分生孢子”逐渐变大、綫状条紋逐渐消失。

在 *Choanephora* 属內,所有的种的配囊柄都是鉗状、下部互相扭結的,接合孢子表面都是光滑但带有綫状条紋。*C. circinans* 只有大型孢子囊而沒有小型孢子囊或“分生孢子”,孢子囊很大,囊軸发达,孢囊孢子有綫状条紋、两端有成束的細絲,因此它可以被認為是 *Choanephora* 属內位置最低的一个种。部分的大型孢子囊变为小型孢子囊的为 *C. trispora*。*C. trispora* 除大型孢子囊外还有小型孢子囊,大型孢子囊很大,囊軸亦很发达,大、小型孢子囊內的孢囊孢子都有綫状条紋、两端有成束的細絲。小型孢子囊进一步变为“分生孢子”則为 *C. cucurbitarum*。这个种有大型孢子囊和“分生孢子”而沒有小型孢子囊,大型孢子囊仍然很大,囊軸仍然很发达,孢囊孢子有綫状条紋、两端有成束的細絲,“分生孢子”有綫状条紋。到了 *C. conjuncta*,大型孢子囊开始变小,里面的孢囊孢子数目开始减少,囊軸开始退化,“分生孢子”的綫状条紋消失。它和 *C. cucurbitarum* 很接近,也是有大型孢子囊和“分生孢子”而沒有小型孢子囊,大型孢子囊較上述三种显著的小,里面的孢囊孢子数目也要少得多,囊軸不及上述三种的发达,孢囊孢子有綫状条紋、两端有成束的細絲,“分生孢子”則沒有綫状条紋。最后, *C. infundibulifera* 的大型孢子囊更小,里面的孢囊孢子数目再进一步减少,囊軸更为退化,孢囊孢子的綫状条紋及两端成束的細絲消失。这个种与 *C. conjuncta* 更为接近,它同样是有大型孢子囊和“分生孢子”而沒有小型孢子囊,大型孢子囊比 *C. conjuncta* 的还要小,里面的孢囊孢子数目更少,囊軸退化到有时难以找到的程度,孢囊孢子既沒有綫状条紋、两端也沒有成束的細絲,“分生孢子”也沒有綫状条紋。在笄霉属內还有另外一个种, *C. heterospora* (Mehrotra 和 Mehrotra, 1961),由于我們沒有看到这个菌种,关于它的系統地位暂时不拟加以討論,但是根据它的描述来看,这个种与 *C. cucurbitarum* 最为接近,而且很可能就是同一个种。

笄霉科的另外一个属 *Gilbertella* (只有 *G. persicaria* 一种)和 *C. circinans* 的关系最密切。它和 *C. circinans* 一样,孢子器官只有大型孢子囊一种, *C. circinans* 很可能就是从它进化来的。

此外, *Gilbertella* 属的配囊柄是平行对生的,接合孢子表面粗糙,只有大型孢子囊而沒有小型孢子囊和“分生孢子”,与毛霉科 (Mucoraceae) 非常接近。因此,我們同意一般認為笄霉科是从毛霉科进化而来的意見 (Hesseltine, 1952)。我們更进一步的臆測,笄霉科是通过毛霉科中的根霉属 (*Rhizopus*) 来的。因为在整个毛霉科中,甚至在整个毛霉目中,只有根霉属一属象笄霉科那样在适宜条件下可以引致高等植物的花、果的腐烂,并且也只

	<i>Rhizopus</i>	<i>Gilbertella persicaria</i>	<i>Choanephora circinans</i>	<i>Choanephora trispora</i>	<i>Choanephora cucurbitarum</i>	<i>Choanephora conjuncta</i>	<i>Choanephora infundibulifera</i>
接合孢子							
大型孢子囊和孢囊梗							
囊轴							
孢囊孢子							
小型孢子囊和孢囊梗	—	—	—		—	—	—
“分生孢子”梗	—	—	—	—			
“分生孢子”	—	—	—	—			

图7 并霉科的进化示意图
(— 表示没有该种器官)

有根霉属一属的孢囊孢子才象笄霉科一样地具有綫状条紋。*Gilbertella* 属可以視為根霉属与笄霉属中間的一个属。

摘 要

我們从全国 25 个省(区)搜集到 8000 余号材料中共分离到笄霉科 (Choanephoraceae) 的菌株 138 号, 鉴定出 *Gilbertella* 属的 1 个种, *G. persicaria*, 笄霉属 (*Choanephora*) 的 5 个种: *C. circinans*, *C. trispora*, *C. cucurbitarum*, *C. conjuncta* 和 *C. infundibulifera*。笄霉属最近报导的新种 *C. heterospora* 在国内尚未发现。本文对上述 2 个属、6 个种作了詳細描述, 同时列出了每个种的异名和分布, 并有分属、分种检索表。科、属、种的范围和特性, 以及系統进化方面均有討論。

参 考 文 献

- [1] Ainsworth, G. C., 1961. A Dictionary of the Fungi. 1—519. Kew, Surrey. Commonwealth Mycological Institute.
- [2] Bainier, G., & Sartory, A., 1913. Etudes morphologique et biologique du *Mutella elegans* n. sp. Bull. Soc. Mycol. France 29:129—136.
- [3] Barnett, H. L., & Lilly, V. G., 1950. Nutritional and environmental factors influencing asexual sporulation of *Choanephora cucurbitarum* in culture. Phytopathology 40:80—89.
- [4] ———, ———, 1955. The effects of humidity, temperature and carbon dioxide on sporulation of *Choanephora cucurbitarum*. Mycologia 47:26—29.
- [5] ———, ———, 1956. Factors affecting the production of zygosporangia by *Choanephora cucurbitarum*. Mycologia 48:617—627.
- [6] Berkeley, M. J., 1875. Notices of North American Fungi. Grevillea 3:109.
- [7] Boedijn, K. B., 1958. Notes on the Mucorales of Indonesia. Sydowia Ann. Mycol. 12:321—362.
- [8] Brefeld, O., 1872. *Mucor*, *Chaetocladium*, *Piptocephalis*. Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze I. Zygomyceten. 1—64.
- [9] Christenberry, G. A., 1940. A taxonomic study of the Mucorales in the southeastern United States. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 56:333—366.
- [10] Couch, J. N., 1925. A new dioecious species of *Choanephora*. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 41:141—150.
- [11] Cunningham, D. D., 1879. On the occurrence of conidial fructification in the Mucorini, illustrated by *Choanephora*. Trans. Linn. Soc. Lond. II, 1:409—422.
- [12] ———, 1895. A new and parasitic species of *Choanephora*. Ann. Roy. Bot. Gard. Calcutta, India VI, 4:163—164.
- [13] Currey, F., 1873. On a new genus in the order Mucedines. J. Linn. Soc. Lond. Bot. 13:333—334, 578.
- [14] Cutter, V. M., 1946. The genus *Cunninghamella* (Mucorales). Parlowia 2:321—343.
- [15] Eddy, E. D., 1925. A storage rot of peaches caused by a new species of *Choanephora*. Phytopathology 15:607—610.
- [16] Fischer, A., 1892. Phycomycetes. Die Pilze Deutschlands, Oesterreich und der Schweiz, (Rabenhorst's Kryptogamen-Flora) 1, 4:1—505.
- [17] Fitzpatrick, H. M., 1930. The Lower Fungi, Phycomycetes. 1—331. New York, McGraw-Hill Book Company.
- [18] Gandrup, J., 1923. Onderzoekingen over het optreden von dufheid in tabak. Mededeelingen van het Besoekisch Proefstation 3:5.
- [19] Hesseltine, C. W., 1952. A survey of the Mucorales. Trans. New York Acad. Sci. 14:210—214.
- [20] ———, 1953. A revision of the Choanephoraceae. Amer. Midland Nat. 50:248—256.
- [21] ———, 1955. Genera of Mucorales with notes on their synonymy. Mycologia 47:344—363.
- [22] ———, 1960. *Gilbertella* gen. nov. (Mucorales). Bull. Torrey Bot. Club 87:21—30.
- [23] ———, & Benjamin, C. R., 1957. Notes on the Choanephoraceae. Mycologia 49:723—733.

- [24] 伊藤誠哉 (Ito, S.), 1936. 日本菌类志. 第1卷. 藻状菌. 1—340.
- [25] Mangin, L., 1899. Observations sur la membrane des Mucorinees. J. de Bot. 13:209—216, 339—348, 371—378.
- [26] Marchal, E., 1893. Sur un nouveau *Rhopalomyces*: *Rh. macrosporus*. Rev. Mycol. 15:7—12.
- [27] Mehrotra B. S., & Mehrotra, M. D., 1961. A new species of *Choanephora* from India. Mycologia 53:464—470.
- [28] Moeller, A., 1901. Phycomyceten und Ascomyceten, Untersuchungen aus Brasilien. Schimper, Bot. Mitt. a. d. Tropen 9:1—319.
- [29] Naganishi, H., & Kawakami, N., 1955. On *Blakeslea* Thaxter in Japan. II. *Bl. circinans* sp. nov. Bull. Fac. Eng. Hiroshima Univ. 4:183—187.
- [30] Naumov, N. A., 1939. Clés des Mucorinées. Encl. Mycol. 9:1—137.
- [31] 欧世瓚 (Ou, S. H.), 1940. Phycomycetes of China I. Sinensia 11:427—449.
- [32] Poitras, A. W., 1955. Observations on asexual and sexual reproductive structures of the Choanephoraceae. Mycologia 47:702—713.
- [33] Saccardo, P. A., 1886—1926. Syll. Fung. 4:50; 9:339; 14:432; 17:507; 24:6.
- [34] Saito, K., & Naganishi, H., 1915. Eine Neue Art von *Cunninghamella*. Bot. Mag. Tokyo 29:285—286.
- [35] Shanor, L., Poitras, A. W. & Benjamin, R. K., 1950. A new genus of the Choanephoraceae. Mycologia 42:271—278.
- [36] Sinha, S., 1940. A wet rot of leaves of *Colocasia antiquorum* due to secondary infection by *Choanephora cucurbitarum* Thaxter and *Choanephora trispora* Thaxter sp. (= *Blakeslea trispora* Thaxter). Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B, 11:167—176.
- [37] 戴芳澜 (Tai, F. L.), 1934. A species of *Choanephora* with dichotomously branched conidiophore. Sinensia 4:215—224.
- [38] ———, 1936—1937. 中国真菌名录. 清华大学理科报告, 第2种, 2:137—165, 191—639.
- [39] Thaxter, R., 1903. A new England *Choanephora*. Rhodora 5:97.
- [40] ———, 1914. New or peculiar Zygomycetes III. *Blakeslea* and *Haplosporangium*, Novo genera. Bot. Gaz. 58:353—366.
- [41] Torrey, G. S., 1921. Les conidies de *Cunninghamella echinulata* Thaxter. Bull. Soc. Mycol. France 37:93—99.
- [42] Van Tieghem, P., & G. le Moonnier, 1873. Recherches sur les Mucorinées. Ann. Sci. Nat. Bot., Ser. 5, 17:261—402.
- [43] Vuillemin, P., 1904. *Spinalia radians* g. et sp. nov. et la serie des Dispirées. Bull. Soc. Mycol. France 20:26—33.
- [44] Weber, G. F., & Wolf, F. A., 1927. Heterothallism in *Blakeslea trispora*. Mycologia 19:302—307.
- [45] Wolf, F. A., 1927. A squash disease caused by *Choanephora cucurbitarum*. J. Agr. Res. 8:319—327.
- [46] Zycha, H., 1935. Mucorineae. Krypt. Flora v. Mark. Brandenburg 6a:1—264.

THE MUCORALES OF CHINA I. CHOANEPHORACEAE

CHENG JU-YUNG AND WU FU-MEI

(Institute of Microbiology, Academia Sinica)

ABSTRACT

From more than 8,000 soil samples and plant materials collected from 25 provinces and districts in this country, 138 isolates of the Choanephoraceae have been obtained. These include 1 species of the genus *Gilbertella* (*G. persicaria*) and 5 species of the genus *Choanephora* (*C. circinans*, *C. trispora*, *C. cucurbitarum*, *C. conjuncta* and *C. infundibulifera*). The recently reported species of the latter genus, *C. heterospora* has not been

found. Keys to the genera and species as well as detailed description, synonymy and distribution of each of them are given. The phylogeny and limits of the family, genera and species are also discussed.