

VA 真菌球囊霉属种的简表

张美庆 王幼珊

(北京市农林科学院土肥所)

摘要 本文以简表形式介绍了 VA 真菌球囊霉属 73 个种的主要特征。简表首先根据孢子颜色将球囊霉属分成三组,每组内的种按孢子大小由小到大排列。在按一定程序观察孢子形态特征后,可利用本表初步查种。但本表不是检索表,也不是种的详述。因此,须经查对该种的详细描述及标本,图片后方可定种。

关键词 球囊霉属;简表

本文所属课题由国际科学基金和国家自然科学基金资助。

表1 球囊菌属 (*Glomus*) 种的简表

(一) 浅 色

顺序号	种 名	孢子颜色	孢子大小 (μm)	孢壁厚度 (μm)	孢壁结构式	连点宽度 (μm)	其 它 特 征	有无孢子 子果
1	<i>tabulaforme</i>	W	23—28×31—35	3—4(-15)			单层壁,厚。连点封闭,幼态刚果红中鲜红色	+
2	<i>microcarpum</i>	H-LY-YB	(30—)40(-45)	4—6(-7)	A(L)	4—8.5	连点不封闭或由壁增厚堵塞	+
3	<i>pubescens</i>	H-LY	20—48×18—45	3—6		2	壁增厚堵塞近点;孢子果外有柔毛	+
4	<i>arborensis</i>	H-LY	26—55×24—50	≤ 3			单层壁;有时连点下5—20 μm 处有隔,连丝2.5—4 μm	+
5	<i>cerebriforme</i>	H	25—65×25—80	2—4	A(LM)		连点下有“领”。连丝长	+
6	<i>pallidum</i>	H	32—78×28—68	1—8		5—15(-20)	有时从孢子顶部出芽	+
7	<i>occulatum</i> ⁽⁵⁾	H-W	15—100×20—120	(1—)1.5—2.5(-6)	A(EU* L)	3—10	外形稍有棱在;W ₁ 为脐周;W ₂ 易脱落;<W ₁	+
8	<i>aggregatum</i>	LY-YB	(20—)40—85(-120)	1.2—2.4	A(L)B(L)	4.8—12	W ₁ 色浅>W ₂	+
9	<i>heterosporium</i> (B)	H	31—102×27—68	2—4.6	A(L)U(M*)	5—7	孢子或孢子果在植物组织或根瘤中	+
10	<i>vesiculiferum</i>	LY	49—85(-100)	4—8	A(U*L)		壁增厚几乎封闭连点,并延伸至连丝;孢子果表面有大小泡囊	+
11	<i>pulsillimum</i>	GdY	53—90×55—93	2—4	A(UU)	12—17	W ₁ <W ₂ 有时连点下方膨大	+
12	<i>fragile</i>	LY	53—73×49—62	2—3.5		6—9(-13)	W ₁ 薄,无色透明,<W ₂ 连点处有平隔	+
13	<i>canadensis</i>	H-LY	<100	4			单层壁,连点有自	+
14	<i>diaphanum</i> ⁽⁵⁾	H	(39—)74(-136)	(2.2)5.2(-7.8)	A(LM)	(5.4—)8.1(-11)	W ₁ 厚,脆;W ₂ 伸入连点并形成果	+
15	<i>fulvum</i>	LY	50—125×45—70	2—4			孢子长椭圆形,连点在近侧面处	+
16	<i>segmentatum</i>	H	52—100×40—86	4—8	A(ELM)	9—15	孢子果圆形,连点处壁增厚并伸入连丝短距离	+
17	<i>ambisporium</i> (B)	H-Y-YB	54—163	3—9	A(LM)	5—10	W ₁ >W ₂ 孢子在柄内或死亡菌主根须中	+
18	<i>claroideum</i>	LY	59—145	(4.5—)7.6(-10.5)	A(L)	7.5—15	W ₁ >W ₂ 孢子在柄内有脐周;连点由壁堵塞	+
19	<i>radiatum</i>	H-Y-YB	60—120×49—90	4—8	A(L)	6	连点处增厚,有隔;孢子在孢子果中呈放射状分布	+
20	<i>fecundisporium</i>	H-YB-DB	(60—)107(-155)	1.5—7.5(-13)	A(L)B(L)		W ₁ =W ₂ 连点堵塞	+
21	<i>albium</i>	H-W	(85—)95—168(-198)	1—4(-10)	A(U)B(L)	(3—)5(-15)	W ₁ =W ₂ 连点两层;成熟后W ₁ 膨胀脱落;连丝脱落	+
22	<i>leptotichum</i>	H-LY	(48—)75(-262)	(1.5—)7.4(-10.5)	A(EU)	9—27	W ₁ 有浅网状网纹;孢囊端生或同生	+
23	<i>gerdemannii</i>	LYB	140—198×149—130	5—10(-13)	A(EL) B(UM*L)		W ₁ H ₁ 0.5—1 μm ; W ₂ 2—5 μm ; W ₁ H ₁ 1—2 μm ; W ₁ H ₁ \pm 0.1 μm ; W ₂ 2—3 μm	+
24	<i>clarum</i>	H	(68—)190(-290)	7—31	A(UL)		W ₁ 厚,有时有粘液外层;连丝厚壁,长;孢子多在根内	+
25	<i>maculosum</i>	H-Y	(95—)135—170(-220)	4.4—15	A(UL) B(M ₀)		W薄;H ₁ W ₂ 4—13 μm ;脆;W ₁ 成熟后有扇形突起,有隔	+
26	<i>lacteum</i>	W	150—220	3—5			有1—3根连丝,近连点处萌生分枝	+
27	<i>scimitrons</i>	H	180—210	7—10	A(U ₀) B(UU)		W ₁ 2—4 μm ;有扇状突起;W ₁ =W ₂ 2—3 μm	+
28	<i>fissulosum</i>	PY, Y	78—200	5.5—13	A(E*UL ₀)B(MM)		W ₁ 内有管状结构;连点不封闭	+
29	<i>fragilisporium</i>	Y, PO	108—191	7—12	A(EU)B(OL)C(MM)	6—10	W ₁ 较厚;W ₂ 易破裂;片状;W ₁ 微呈粉状, W ₂ 呈颗粒状,除W ₂ 外其余破壁七色透明	+

(二) 黄至黄绿色

顺序号	种 名	孢子颜色	孢子大小 (μm)	孢壁厚度 (μm)	孢壁结构式	连点宽度 (μm)	其 它 特 征	有无孢子 子实
30	<i>microaggregatum</i>	H-LY-BY	(15-)30(-50)	<1-2.4(-4)	A(UU) A(UM)	1.8-3(-4.5)	$W_1 \leq W_2$, 两层均伸入连点	-
31	<i>glomerularum</i>	Y-B	40-70	4.5-9.5	A(LM)	5-7	孢子仅在孢子果中生长, 在菌丝上间生, 有两个连点	+
32	<i>fasciculatum</i>	LY-LYB	50-149 \times 55-149	(2.3-)7-12(-16)	A(U*LM*)	(4-)9-15(-19)	W_1H_1 薄, W_2 厚, W_1 在迈克尔试剂中红色	+
33	<i>invermaitum</i>	LB-B	50-75	4-7.5	A(UL)		$W_1H_1 < W_2$, 连点两层, 微皱缩, 连丝 6-13 μm	-
34	<i>citrucolum</i>	Y-B	35-65 \times 60-90	4-10			W_1 3.2-8 μm , W_2 0.8-2 μm , 连点堵塞	+
35	<i>tenetum</i>	Y,O-B	45-130	<8	A(UU)	4-8	连点堵塞	-
36	<i>intraradix</i>	Y-B	(41-)99(-191)	3-15	A(E)B(L)	9-33	孢子大都生在根内, 内壁色深, 壁伸入连丝在连点处呈喇叭形火焰状	+
37	<i>hoi</i>	OY-Y	80-120 \times 75-120	(3-)5-7(-9)	A(EU)B(M)	(5-)8-11(-13)	W_1 厚, 色深, 外表面剥落; W_2 薄, 色浅, 连点有隔膜	-
38	<i>limorphicum</i> (B)	RB	50-130	3-6	A(LM*)	7-12	孢子簇生, 簇中央为疏松菌丝网, 菌丝二层壁, LY-B	+
39	<i>pustulatum</i>	LY-YB, OB	(43-)86-140	4-15(-22)	A(U ₀ LM)	6-12	W_1 有短状突起, 连点由内壁封闭	+
40	<i>fuagianum</i>	RB	65-80				孢子有4根连丝, 壁增厚几乎堵塞连点	+
41	<i>formosanum</i>	YB-RB	65-135	5.5-12.5		16	孢子有4根连丝, 壁增厚几乎堵塞连点	-
42	<i>etunicatum</i>	Y-B	68-144(-162)	4-13	A(EL)		$W_1 \leq 5\mu\text{m}$, W_2 2-8 μm , W_1 伸入连丝短距离, 连点有隔	+
43	<i>convolutum</i>	DY	67-193	8-15	A(PL)		每个孢子都有5-50 μm 厚的菌丝套	+
44	<i>macrocarpum</i>	Y-YB	90-140 \times 70-130	7-14	A(XL), A(L)		W_1 1-2 μm , H_1 在乳酸中膨涨, 壁增厚堵塞连点并延伸入连丝	+
45	<i>delhinse</i>	YB	100-125	10-12	A(LU)	15	W_1 5-7 μm , W_2H_2 5 μm	-
46	<i>boreale</i>	RB	100-145	8			孢子果海绵样, 深色, 孢子椭圆形, 厚壁, 有隔	+
47	<i>multisubstansum</i>	LB	100-150	10-15		10-15	W_1 10-12 μm , 色深 W_2 1-4 μm , 色浅有2-4个连点	-
48	<i>panihalos</i>	YB-DBO	(108-)120-155(-220)	7-15(-53)	A(XLU)		W_1 乳液中凝成放射状圆柱状或溶介, W_2 外表有半球形瘤	+
49	<i>versiforme</i> ^(a)	Y-O-B	(120-)140-160(-180)	4-11	A(UL)	(3-)10(-13)	W_1 薄, 易脱, 连丝易萎缩, 脱落, 隔由内壁生成	+
50	<i>magnicale</i>	B	125-175	9-24	A(LU)		$W_1 > W_2$, 连丝 35-58 μm , 连点处稍皱缩, 连点堵塞	-
51	<i>mosseae</i> ^(a)	Y-B	105-310 \times 110-305	2-7	A(EL) A(EU)	20-30(-50)	连点漏斗形, 有厚壳, 孢子果内有1-10个孢子	+
52	<i>dimorphicum</i> (A)	Y-RB	90-300	5-17	A(E) B(LM*)		$W_1H_1 = W_2$, 连点三层, 隔有两个距离较近的隔	-
53	<i>auritale</i>	LB-DB	(120-)160(-180)	11(-19)		20-25	$W_1H_1 < W_2$, LB-DB, 两层均伸入连点, 无隔	+
54	<i>torulosum</i>	Y-DGB	(120-)160(-210)	0.5-2	A(PL)	9-20(-26)	孢子外菌丝套厚至25 μm , 胞内菌丝壁不明显, 壳薄皮层细胞腔	-
55	<i>caledonium</i> ^(a)	DY	120-279	6-10(-16)	A(U) B(L)		$W_1H_1 < W_2Y$, 两层均伸入连点, 连点小喇叭形, 有隔	+

56	<i>flaviporum</i>	B	149—230 × 95—152	10—13	A(PUL)B(MM)	椭圆形大孢子,有隔 1,2或3个孢子外有菌丝套,包被菌丝有端生或 同生泡状肿胀	-
57	<i>globiferum</i>	OB-RB	150—270	8.5—36			
58	<i>monosporum</i>	B	140—330	4—10	A(EL ₀)	孢子果含1个,偶2或3个孢子,W,薄,常脱落, W,有小刺进入W,	+
59	<i>infrequens</i>	LB-DB	170—225	6—14		W ₁ H>W, W, 外表面多角形突起1—3μm高, 无隔	
60	<i>halonatum</i>	LB-B	200—280	18—35	A(UL ₀)B(L)	W ₁ H, 稍薄,形成单环,W,有小刺入W, 连点下 菌丝膨大	+
61	<i>warcupii</i>	B	200—320	18—66(-90)	A(UL ₀)	W ₁ H, 粘液状,W, H, 厚,W, W, 均伸入连点,隔 厚7μm,层状	+
62	<i>manihosis</i>	Y-B	(145-)170—235(-450)	(7-)10—16(-40)	A(EL) B(UU)	W ₁ H, 粘液状,W, H-LY, 10—16μm, W, = W, Y-YB	-

(三) 深 色

63	<i>senec</i>	DB	10—12	<2.5	A(U)	连丝膨大成球形,菌根有不规则的胞间扇形结 构壁在连点处增厚形成“领子”	+
64	<i>detericola</i>	RB	(38-)52—115	(1.5-)2—2.5(-4)	A(L)	孢子仅在孢子果内形成,W, H, 网纹,伸入菌丝	+
65	<i>ambisporum</i> (A)	DB-BI	85—157	5—19	A(E ₀ 1-M*)	孢子在孢子果内单层排列,W, H<W, 常有2—3 个连点	+
66	<i>heterosporum</i> (A)	LB-DB	99—206 × 61—201	3—10(-17)	A(EL)	W ₁ 1—2μm, W, 4—5μm, W, 的外表面有网纹, 无隔	-
67	<i>reticulatum</i>	DB-BI	130—170	10—15		W, 厚, 深色, 连丝长, 壁增厚伸入连丝30—100 μm, 连点有隔	-
68	<i>geosporum</i>	DYB-DRB	100—290	4—18	A(ELM)	孢子表面有滴圆形突起,有1至4个连点常对生 W ₁ 伸入连丝,表面易脱落,W, 外表有小突起	-
69	<i>multicanic</i>	DB	149—249 × 124—162	8.6—34	A(L ₀)	连点收缩—膨大、色浅、有小分枝—有隔、分叉	-
70	<i>boryoides</i>	RB-BI	145—250	5—7	A(EL ₀)	孢子果切时多乳汁, 胞壁由外向内深红棕—淡黄 W ₁ H, <1μm, 常脱落, 孢子外表有时有扁瘤, 连 点不封闭	+
71	<i>constrictum</i>	DB-BI	150—330	7—12(-15)	A(L)		
72	<i>melanosporum</i>	LB-DRB	166—277 × 129—244	8—13	A(L)		
73	<i>tenebrosism</i>	DB	200—270	(13-)18(-26)	A(UL)		

注 1. “孢子颜色”及“其它特征”栏内孢子及孢壁颜色表示法: H-无色透明, W-白色, LY-淡黄, LYB-淡黄棕, Y-黄色, LR-淡棕, YR-黄棕, OY-桔黄, O-橙色, DYB-深黄棕, OB-桔棕, GdY-金黄, DY-深黄, B-棕色, DBO-深棕, DGB-深灰棕, DB-深棕, RB-深棕, BI-黑色。由于未成熟孢子颜色较浅, 大多无色透明或白、淡黄, 且某些典型特征可能尚未形成, 不能用作鉴定, 本表所列孢子颜色均指成熟孢子的颜色。

注 2. “孢壁结构”表示法: 孢壁类型共有八种^[1,2], 每种由一个大写英文字母代表: 1. 单一壁(U), 2. 层状壁(L), 3. 易剥壁(E), 4. 膜状壁(M), 5. 革质壁(C), 6. 无形壁(A), 7. 膨胀壁(X), 8. 菌丝包被(P)。这些字母按一定程序组合, 表示孢壁的结构, 叫“孢壁结构式”^[1,2]。方法为: 一种孢子的几层壁按相互关系的密切程度划分成组, 由外向内排列成 A、B、C 组。如某孢子有内层为层状壁, 中层为膜状壁, 孢子破裂后易相互分离, 即有两组, 壁的结构式为 A(L)B(M)。如壁表面有纹饰, 则在壁字母右下方加一小写字母“s”。有的壁一般纹饰着清, 则在壁字母右上角加一星号“*”。

注 3. 其它特征表示法: “<”为小于, “薄于”, “>”为大于, “厚于”, “W₁”代表壁层; “W₁”为第一层壁, 依次类推。

表 2 种名检索表

种 名	简表内的顺序号	种 名	简表内的顺序号
<i>G. aggregatum</i>	8	<i>G. heterosporum</i> (B)	9
<i>G. albidum</i>	21	<i>G. hoi</i>	37
<i>G. ambisporum</i> (A)	65	<i>G. infrequens</i>	59
<i>G. ambisporum</i> (B)	17	<i>G. intraradix</i>	36
<i>G. arborens</i>	4	<i>G. invermaium</i>	33
<i>G. australe</i>	53	<i>G. lacium</i>	26
<i>G. boreale</i>	46	<i>G. leptoticum</i>	22
<i>G. botryoides</i>	70	<i>G. macrocarpum</i>	44
<i>G. caledonum</i>	55	<i>G. maculosum</i>	25
<i>G. canadense</i>	13	<i>G. magnicale</i>	50
<i>G. cerebriforme</i>	5	<i>G. manihotis</i>	62
<i>G. citricolum</i>	34	<i>G. melanosporum</i>	72
<i>G. claroidesum</i>	18	<i>G. microaggregatum</i>	30
<i>G. clarum</i>	24	<i>G. microcarpum</i>	2
<i>G. constrictum</i>	71	<i>G. monosporum</i>	58
<i>G. convolutum</i>	43	<i>G. mosseae</i>	51
<i>G. delhinse</i>	45	<i>G. multicaule</i>	69
<i>G. deserticola</i>	64	<i>G. multisubstansum</i>	47
<i>G. diaphanum</i>	14	<i>G. occultum</i>	7
<i>G. dimorphicum</i> (A)	52	<i>G. pallidum</i>	6
<i>G. dimorphicum</i> (B)	38	<i>G. pansihalos</i>	48
<i>G. etunicatum</i>	42	<i>G. pubescens</i>	3
<i>G. fasciculatum</i>	32	<i>G. pulvinatum</i>	11
<i>G. fecundisporum</i>	20	<i>G. pusillatum</i>	39
<i>G. fistulosum</i>	28	<i>G. radiatum</i>	19
<i>G. flavisporum</i>	56	<i>G. reticulatum</i>	67
<i>G. formosanum</i>	41	<i>G. scintillans</i>	27
<i>G. fragile</i>	12	<i>G. segmentatum</i>	16
<i>G. fragilistratum</i>	29	<i>G. tenebrosus</i>	73
<i>G. fuegianum</i>	40	<i>G. tenebrum</i>	35
<i>G. fulvum</i>	15	<i>G. tenue</i>	63
<i>G. geosporum</i>	68	<i>G. tomentosum</i>	54
<i>G. gerdemannii</i>	23	<i>G. tubaeforme</i>	1
<i>G. globiferum</i>	57	<i>G. versiforme</i>	49
<i>G. glomerulatum</i>	31	<i>G. vesiculiferum</i>	10
<i>G. halonatum</i>	60	<i>G. warcupii</i>	61
<i>G. heterosporum</i> (A)	66		

迄今为止,VA 菌根真菌已有 134 个种。它们的分类也在不断变化。现在认为,VA 菌根真菌属球囊霉目 Glomales,下分两个亚目:球囊霉亚目 Glomineae 和巨孢囊霉亚目 Gigasporineae。前者包括两个科:球囊霉科 Glomaceae: 内含球囊霉属 *Glomus* 和硬球囊霉属 *Sclerocystis*; 无梗囊霉科 Acaulosporaceae: 内含无梗囊霉属 *Acaulospora* 和内养囊霉属 *Entrophospora*。后者仅一个科巨孢囊霉科

Gigasporaceae,内含巨孢囊霉属 *Gigaspora* 和盾巨孢囊霉属 *Scutellospora*^[1]。

这类真菌在分类鉴定上存在很多困难,其一是现有的检索表远远不能满足需要。Schenck 和 Perez^[2] 在“VA 菌根真菌鉴定手册”中提出了一个“菌种指南”,但它过于简单,没有文字说明。本简表(表 1)描述了球囊霉目中最大的属——球囊霉属种的主要特征。在按一定程序(下转第 343 页)

(上接第 371 页)

观察记载孢子的形态特征^[3]后,可用本表初步查种。其优点是:1. 从颜色和大小入手,便于查找。表中根据孢子颜色将该属现有 73 个种分为浅色、黄至黄棕色、深色三组。查种时,首先可根据体视镜下孢子的颜色确定范围,然后按孢子大小自小而大查对特征。2. 表中除有关符号和数据外,还有简要的文字说明,概括了各种的基本特征。3. 便于携带。但本表不是检索表,更不是种的详述,因此,用它初步查出种后,还必须查对该种的详细描述^[2,4]以及标本、图片等,核对无误后才能定种。

如欲查某一特定种的简要特征,需预知该种在简表中的位置,特将种按种名字母顺序排列于表 2,并注以表内对应种的顺序号,以便检索。

参 考 文 献

1. Morton J B: *Mycotaxon*, 37: 471—491, 1990.
2. Schenck N C & Y. Perez: Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi Second edition, INVAM Gainesville, Florida, 9—197, 1988.
3. 张美庆,王幼珊: 华北农学报,4(4): 115—120, 1989.
4. 张美庆,王幼珊: 真菌学报,10(1): 13—21, 1991.
5. Morton J B: *Mycotaxon*, 32: 267—324, 1988.
6. Walker C: *Mycotaxon*, 25(1): 95—99, 1986.