



中华人民共和国国家标准

GB 4789.16—2016

食品安全国家标准 食品微生物学检验 常见产毒霉菌的形态学鉴定

2016-12-23 发布

2017-06-23 实施

中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会
国家食品药品监督管理总局 发布

前 言

本标准代替 GB/T 4789.16—2003《食品卫生微生物学检验 常见产毒霉菌的鉴定》

本标准与 GB/T 4789.16—2003 相比,主要修改如下:

- 标准名称修改为“食品安全国家标准 食品微生物学检验 常见产毒霉菌的形态学鉴定”;
- 增加了检验程序;
- 增加了黑曲霉、炭黑曲霉、棒曲霉、红曲霉等产毒菌种;
- 修改了标准名称;
- 修改了设备和材料;
- 修改了培养基和试剂;
- 修改了各菌种形态描述;
- 修改了附录 A;
- 删除了黄绿青霉、岛青霉、皱褶青霉、产紫青霉、红青霉等菌种;
- 删除检索表原附录 B、附录 C、附录 D。

食品安全国家标准

食品微生物学检验

常见产毒霉菌的形态学鉴定

1 范围

本标准规定了食品中常见产毒真菌的鉴定方法。

本标准适用于曲霉属(*Aspergillus*)、青霉属(*Penicillium*)、镰刀菌属(*Fusarium*)及其他菌属中常见产毒真菌的鉴定。

2 设备和材料

除微生物实验室常规灭菌及培养设备外,其他设备和材料如下:

- 2.1 冰箱:2℃~5℃。
- 2.2 恒温培养箱:25℃±1℃。
- 2.3 显微镜:10倍~100倍。
- 2.4 目镜测微尺。
- 2.5 物镜测微尺。
- 2.6 生物安全柜。
- 2.7 恒温水浴箱。
- 2.8 接种钩。
- 2.9 分离针。
- 2.10 载玻片。
- 2.11 盖玻片。
- 2.12 不锈钢小刀或眼科手术小刀。

3 试剂和培养基

- 3.1 乳酸苯酚液:见 A.1。
- 3.2 查氏培养基:见 A.2。
- 3.3 马铃薯-葡萄糖琼脂培养基:见 A.3。
- 3.4 麦芽汁琼脂培养基:见 A.4。
- 3.5 无糖马铃薯琼脂培养基:见 A.5。

4 操作步骤

4.1 菌落特征观察:为了培养完整的菌落以供观察记录,可将纯培养物点种于平板上。曲霉、青霉通常接种查氏培养基,镰刀菌通常需要同时接种多种培养基,其他真菌一般使用马铃薯-葡萄糖琼脂培养基。将平板倒转,向上接种一点或三点,每个菌株接种两个平板,正置于25℃±1℃恒温培养箱中进行培

养。当刚长出小菌落时,取出一个平皿以无菌操作,用灭菌不锈钢小刀或眼科手术小刀将菌落连同培养基切下 $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的小块,置菌落一侧,继续培养,于 $5\text{ d} \sim 14\text{ d}$ 进行观察。此法代替小培养法,可观察子实体着生状态。

4.2 斜面观察:将真菌纯培养物划线接种(曲霉、青霉)或点种(镰刀菌或其菌)于斜面,培养 $5\text{ d} \sim 14\text{ d}$,观察菌落形态,同时还可以直接将试管斜面置低倍显微镜下观察孢子的形态和排列。

4.3 制片:取载玻片加乳酸苯酚液一滴,用接种钩取一小块真菌培养物,置乳酸-苯酚液中,用两支分离针将培养物轻轻撕成小块,切忌涂抹,以免破坏真菌结构。然后加盖玻片,如有气泡,可在酒精灯上加热排除。制片时应在生物安全柜或无菌接种罩或接种箱或手套箱内操作以防孢子飞扬。

4.4 镜检:观察真菌菌丝和孢子的形态、特征、孢子的排列等,并记录。

5 检验程序

常见产毒霉菌的形态学鉴定检验程序见图 1。

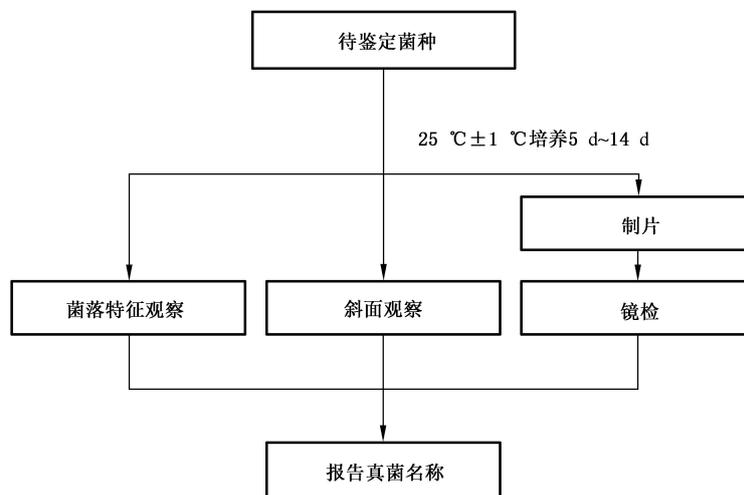


图 1 常见产毒霉菌的形态学鉴定检验程序

6 各属真菌的形态特征及可能产生的真菌毒素

6.1 曲霉属(*Aspergillus*)

本属的产毒真菌主要包括黄曲霉、寄生曲霉、杂色曲霉、构巢曲霉、赭曲霉、黑曲霉、炭黑曲霉和棒曲霉等。这些真菌可能产生黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、伏马菌素、展青霉素等次生代谢产物。

曲霉属的菌丝体无色透明或呈明亮的颜色,但不呈暗污色;可育的分生孢梗茎以大体垂直的方向从特化的厚壁的足细胞生出,光滑或粗糙,通常无横隔;顶端膨大形成顶囊,具不同形状,从其表面形成瓶梗,或先产生梗基,再从梗基上形成瓶梗,最后由瓶梗产生分生孢子。分生孢子单胞,具不同形状和各种颜色,光滑或具纹饰,连接成不分枝的链。由顶囊到分生孢子链构成不同形状的分生孢子头,显现不同颜色。有的种可形成厚壁的壳细胞,形状因种而异;有的种则可形成菌核或类菌核结构;还有的种产生有性阶段,形成闭囊壳,内含子囊和子囊孢子,子囊孢子大多透明或具不同颜色、形状和纹饰。

6.1.1 黄曲霉(*A. flavus*)

菌落在查氏琼脂上生长迅速, 25 °C 7 d 直径 $35\text{ mm} \sim 40\text{ mm}$ ($\sim 70\text{ mm}$), $12\text{ d} \sim 14\text{ d}$ 达 $55\text{ mm} \sim$

70 mm;质地主要为致密丝绒状,有时稍现絮状或中央部分呈絮状,平坦或现辐射状至不规则的沟纹;分生孢子结构多,颜色为黄绿至草绿色,初期较淡,老后稍深,大多近于浅水芹绿色(Light Cress Green→Cress Green,R.XXXI),也有呈木犀绿色(Mignonette Green,R.XXXI),暗草绿色(Kronberg's Green,R. XXXI)或翡翠绿色(Jade Green,R.XXXI)者,有的菌株初期现黄色,近于锶黄(Strontium Yellow,R. XVI),而后变绿;一般无渗出液;有的菌株形成少量或大量菌核,大量时,影响菌落外观,伴随有渗出液,无色至淡褐色,菌落反面无色至淡褐色,产生菌核的菌株,在形成菌核处的反面显现黑褐色斑点。分生孢子头初为球形,后呈辐射形,(80~)200~500(~800) μm ,或裂成几个疏松的柱状体,也有少数呈短柱状者;分生孢子梗大多生自基质,孢梗茎(200~)400~800(~3 000) μm \times (4~)9.6~16(~20) μm ,壁厚,无色,粗糙至很粗糙;顶囊近球形至烧瓶形,直径(9~)23~50(~65) μm ,大部表面可育,小者仅上部可育;产孢结构双层:梗基6.2~13.2(19~) \times 3.2 μm \times 6 μm ,瓶梗6.2~12 μm \times 2.4~4 μm ,有的小顶囊只生瓶梗;分生孢子多为球形或近球形(2.4~)3.6~4.8(~6.4) μm ,少数呈椭圆形3.2~5.2 μm \times 2.7~4.2 μm ,壁稍粗糙至具小刺;有的菌株产生菌核,初为白色,老后呈褐黑色,球形或近球形,大小或数量各异,一般为(280~)420~980 μm ,见图2。

黄曲霉的某些菌株可产生黄曲霉毒素(Aflatoxins)。

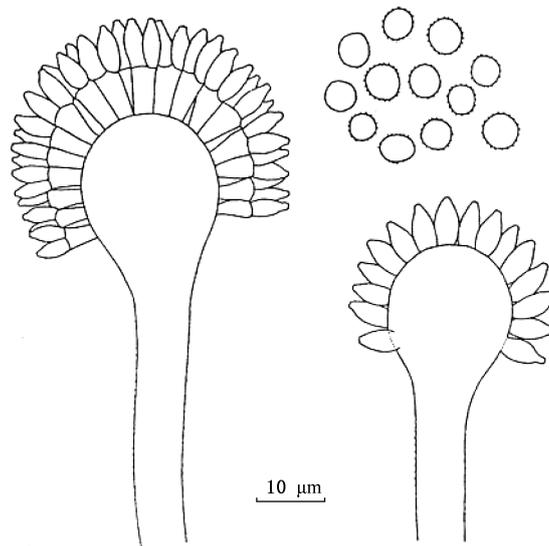


图2 黄曲霉的产孢结构和分生孢子

6.1.2 寄生曲霉 (*A. parasiticus*)

菌落在查氏琼脂上25 $^{\circ}\text{C}$ 7 d直径35 mm,12 d~14 d 50 mm~60 mm;质地丝绒状,偶有絮状菌丝,边缘白色;分生孢子结构多,颜色为深绿色,近于雪松绿(Cedar Green,R. VI),老后变暗近于常春藤绿(Ivy Green,R. XXXI);有辐射状沟纹,无渗出液,菌落反面呈淡褐色,近于浅灰褐色(Light Drab,R. VLVD)。分生孢子头初为球形,后呈辐射形,直径84 μm ~210 μm ;分生孢子梗生自基质,孢梗茎140~420(~800) μm \times 6~12 μm ,壁现粗糙,也有近于光滑者;顶囊为杵形或烧瓶形,直径(13.8~)17~31 μm ,大部表面可育;产孢结构单层,瓶梗6.2~10.6 μm \times 2.4~4 μm ,偶尔可观察到较长者可达15 μm ,中间具一隔壁;分生孢子球形或近球形,(3.6~)4.2~5.5(~6.4) μm ,壁稍粗糙,具粗疏小刺;未见菌核,见图3。

寄生曲霉的菌株都能产生黄曲霉毒素。

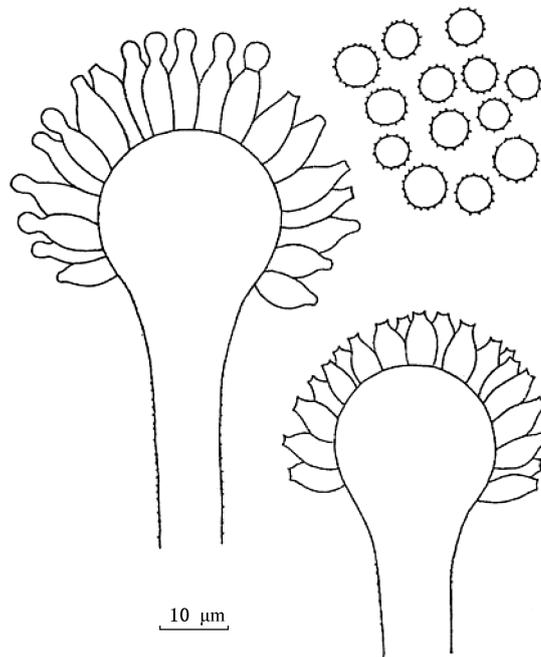
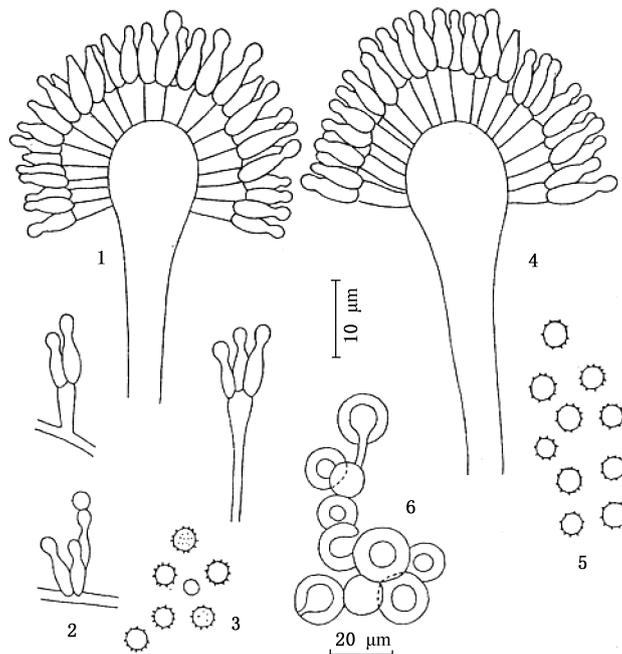


图3 寄生曲霉的产孢结构和分生孢子

6.1.3 杂色曲霉 (*A. versicolor*)

菌落在查氏琼脂上生长局限,25℃ 7 d 直径 15 mm~17 mm,10 d~12 d 达 24 mm~30 mm;质地为丝绒状或絮状,或两种质地并存或相互镶嵌;菌落不平,稍厚,中央部分隆起或凹陷,或呈不同程度的翘曲;颜色差异很大,初为白色,后呈不同程度的绿色,近于青豆绿、阿福花绿(Pois Green, Asphodel Green, R. XLI)至深葡萄绿(Deep Grape Green, R. XLI),有的菌株呈孔雀绿(Malachite Green, R. XXX II),橄榄绿(Olive Green, R. IV)或暗橄榄褐色(Dark Olive Buff, R. XL),间或有不呈绿色者,取决于分生孢子结构的多少;菌丝体呈黄褐色、粉红色,近于浅褐粉红色(Buffy Pink, R. XXL III)或淡粉红肉桂色(Pale Pinkish Cinnamrn, R. XXIX),因不同菌株而异;分生孢子结构有时形成迟缓;有辐射状沟纹;渗出液有或无,近于无色或呈淡褐色至紫红色,形成小滴或聚成大滴;无明显气味或稍具霉味;菌落反面颜色不一,近于无色至淡黄褐色、粉红色、玫瑰紫色或紫褐色,色素扩散于基质;有的菌株形成壳细胞,老培养物中可见聚成淡黄色的团块。分生孢子头较小,初为球形,后呈辐射形,直径(25~)75~125 μm;分生孢梗茎直接生自基质者(45~)150~300(~500) μm×4~8 μm,生自气生菌丝者大都很短,无色或稍带黄色,壁较厚,光滑;顶囊半球形、稍长形或稍呈椭圆形,直径9~20 μm,约3/4的表面可育,小顶囊仅分生孢梗茎顶部稍加膨大而不明显;产孢结构双层:梗基一般5~8 μm×2~3 μm,瓶梗6~8 μm×1.5~2.5 μm;分生孢子球形或近球形,绿色,直径(2~)2.5~3.5(~4) μm,壁粗糙,具小刺;壳细胞球形或近球形,直径11 μm~20 μm,大量形成时聚成淡黄色的团块,见图4。

杂色曲霉的某些菌株可产生杂色曲霉素(sterigmatocystin)。



说明:

- 1,4——产孢结构;
- 2——不完整的产孢结构;
- 3,5——分生孢子;
- 6——壳细胞。

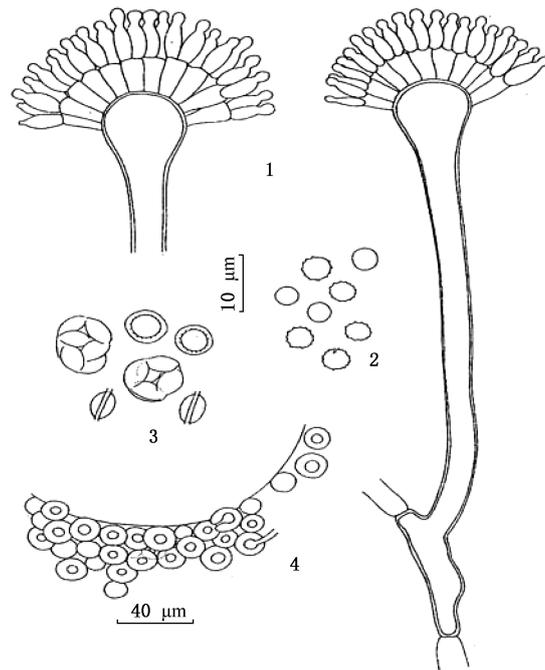
图4 杂色曲霉的产孢结构、分生孢子和壳细胞

6.1.4 构巢裸胞壳(*Emericella nidulans*)

无性型:构巢曲霉(*A.nidulans*)

菌落在查氏琼脂上 25℃ 7 d 直径 25 mm 左右,12 d~14 d 45 mm~65 mm;质地丝绒状或絮状,平坦或具不明显的放射沟纹;分生孢子结构大量或较少,呈不同程度的绿色,近于翡翠绿至水芹绿(Jade Green→Cress Green,R. XXXI)或林肯绿至阿福花绿(Lincoln Green→Asphodel Green,R. XLI)乃至浅黄橄榄色(Light Yellowish Olive,R. XXX);有部分闭囊壳散在其间,有的菌株产生大量的闭囊壳,由壳细胞所包围,使表面显现黄色团块或絮状颗粒结构,使菌落带黄褐色,近于鹿褐色、浅黄褐色或古铜色(Fawn Color,Buffy Brown,R. XL;Isabella Color,R. XXX);渗出液多、少或无,呈淡红褐至紫褐色;无气味;菌落反面淡紫褐色至紫褐色,近于葡萄酒鹿褐色(Vinaceous Fawn,R. XL),稍扩散于基质。闭囊壳球形,暗紫红色,直径 100~250(~300)μm,外面由壳细胞所包围而呈现淡黄色;子囊近球形,8~12 μm,一般在二周内成熟,有的则不成熟;子囊孢子双凸镜形,3.5~5 μm×3.2~4 μm,具两个完整的赤道冠,具褶,宽约 0.5~1 μm,紫红色,凸面光滑。分生孢子头初为球形至放射形,直径 30~70 μm,老后呈致密短柱形,50~100 μm×30~40 μm;分生孢子梗生自基质或气生菌丝,孢梗茎大多较短,(20~)50~150(~300)μm×3.5~6.5 μm,稍弯曲,带茶褐色,壁光滑;顶囊为半球形,颜色与孢梗茎相同,直径(5.5~)8~16 μm,上半部表面可育;产孢结构双层;梗基 4~8 μm×2.5~3 μm,有的异常菌株在顶囊上形成肥大的近于球形的梗基,瓶梗 5~8 μm×2~2.5 μm;分生孢子球形(2.5~)3~4(~4.5)μm,粗糙,偶而近于光滑;壳细胞大多为球形,直径 11 μm~25 μm,少数稍长或椭圆形 18~40 μm×12~24 μm,见图 5。

构巢曲霉的某些菌株可产生杂色曲霉素。



说明:

- 1——产孢结构;
- 2——分生孢子;
- 3——子囊孢子;
- 4——壳细胞。

图 5 构巢裸胞壳的产孢结构

6.1.5 赭曲霉(*A. ochraceus*)

菌落在查氏琼脂上 25 °C 7 d 直径 25 mm~35 mm, 10 d~12 d 达 35 mm~55 mm; 质地丝绒状或稍现絮状, 平坦或具不明显的辐射状沟纹; 分生孢子结构稠密或较稀疏, 淡黄褐色, 近于鹿皮色至肉桂色 (Chamois, R. XXX → Cinnamon, R. XXIX) 或黄赭色 (Yellow Ocher, R. XV), 也有近于古铜色 (Isabella, R. XXX) 者, 菌丝体白色; 有时形成无色至褐色的渗出液; 稍具霉味; 有的菌株能形成菌核, 单独或成群; 菌落反面无色或呈不同程度的绿褐色至紫褐色。分生孢子头初为球形 75 μm~200 μm, 老后可达 500 μm, 常裂开成几个分叉的致密柱状体; 分生孢梗大多生自基质, 孢梗茎一般 500~1 500 μm × (6~)10~15 μm, 少数长者可达 200 μm 以上, 多呈褐色, 壁厚 0.7~1.5 μm, 粗糙; 顶囊球形或近球形, (20~)30~45(~55) μm, 全部表面可育, 偶有小顶囊存在, 仅顶部可育; 产孢结构双层: 梗基 (7~)10~25 μm × (2.5~)3~6 μm, 瓶梗 7~13 μm × 1.5~3 μm; 分生孢子多为球形或近球形, 直径 (2~)2.5~3.5(~4) μm, 少数宽椭圆形, 3~3.5 μm × 2.5~3 μm, 壁近于光滑或细密粗糙。若有菌核则为球形, 卵形或稍长, 500 μm~1 000 μm, 初为白色, 后呈紫褐色, 见图 6。

赭曲霉的某些菌株可产生赭曲霉毒素(Ochratoxins)。

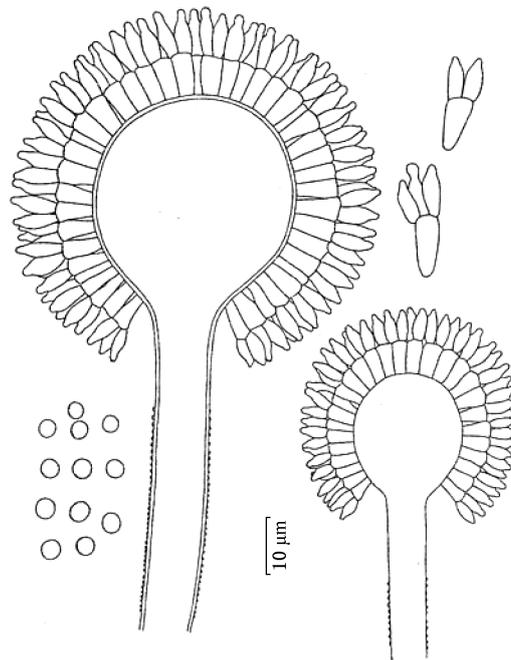


图6 赭曲霉的产孢结构和分生孢子

6.1.6 黑曲霉 (*A. niger*)

菌落在查氏琼脂上生长迅速,25℃ 7 d 直径一般 50 mm~70 mm,少数菌株较局限;平坦或中心稍凸起,有规则或不规则的辐射状沟纹;质地丝绒状或稍呈絮状,有的菌株偶有不育性过度生长;分生孢子结构大量,表面呈暗褐黑色至炭黑色;渗出液有或无,无色;具或不具霉味;有的菌株产生菌核,在斜面培养时多生于基部;菌落反面无色或呈不同程度的黄色、黄褐色或带微黄绿色。分生孢子头初为球形至辐射形,直径 150~500 μm,老后分裂成几个圆柱状结构,可达 8 00 μm;分生孢子梗发生于基质,孢梗茎(800)1 500~3 500(~4000) μm×9~20 μm,壁光滑,老时带黄色或黄褐色;顶囊球形或近球形,直径(30~)40~70(~80) μm,老时褐色,全部表面可育;产孢结构双层;梗基在一定时间范围内随菌龄的增大而增大,(10~)15~35(~70) μm×(3~)5~8(~14) μm,老时暗褐色;瓶梗(7~)8~10(~12) μm×(2~)2.5~3 μm,分生孢子球形,近球形或老后横向变扁,直径 3~4.8(~5.4) μm,壁明显粗糙或具尖疣、不规则的脊状突起或纵向条纹,偶有稍现粗糙或近于平滑者;如有菌核则为球形或近球形,直径 700 μm~1 000 μm,或更大,奶油色至淡黄色,见图 7。

黑曲霉的某些菌株可产生 B 族伏马菌素(Fumonisin B)。

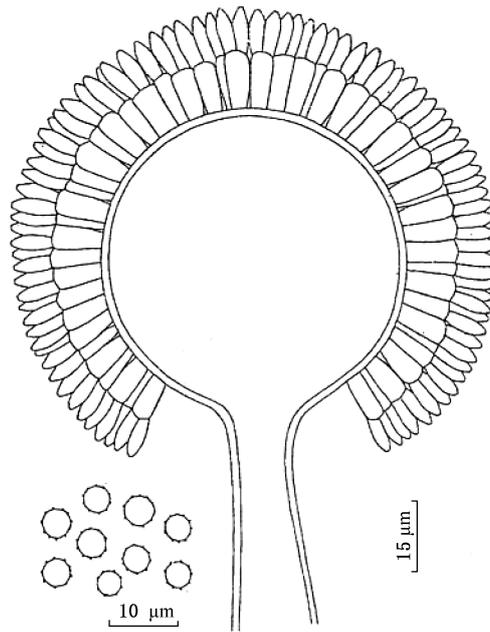


图7 黑曲霉的产孢结构和分生孢子

6.1.7 炭黑曲霉 (*A. carbonarius*)

菌落在查氏琼脂上生长迅速,25℃ 7 d 直径一般 40 mm~60 mm,平坦;质地丝绒状,有的菌株有较多的气生菌丝;分生孢子结构大量,有时在边缘处或近边缘处较少,孢子头纯黑色;具少量无色渗出液或无;稍具不明显的霉味;菌落反面淡黄色至黄褐色或在中部呈黄褐至黑褐色。分生孢子头初为球形,直径 100~300(~500) μm ,老时分裂成几个圆柱状结构,直径可达 1 000 μm 或更大;分生孢子梗发生于基质,孢梗茎 2 000~4 500 \times 20~30(~40) μm ,无色透明,老时近顶囊部分带黄色或淡褐色,壁平滑;顶囊球形或近球形,直径 70~80(~120) μm ,老时带褐色,全部表面可育;产孢结构双层;梗基在一定时间范围内随菌龄的增大而增大,通常 20~50 $\mu\text{m}\times$ (5~)7~13 μm ,大者可长达 80 μm ,老时呈褐色;瓶梗 8~12(~15) $\mu\text{m}\times$ 3~6(~8) μm ;分生孢子球形,近球形,直径 6 μm ~9 μm ,壁显著粗糙,老后呈尖疣状或疣状,见图 8。文献报道偶尔产生菌核。

炭黑曲霉的某些菌株可产生伏马菌素和赭曲霉毒素。

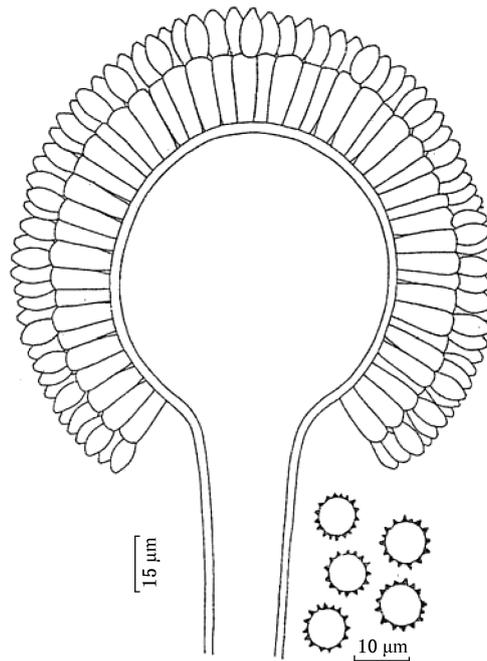
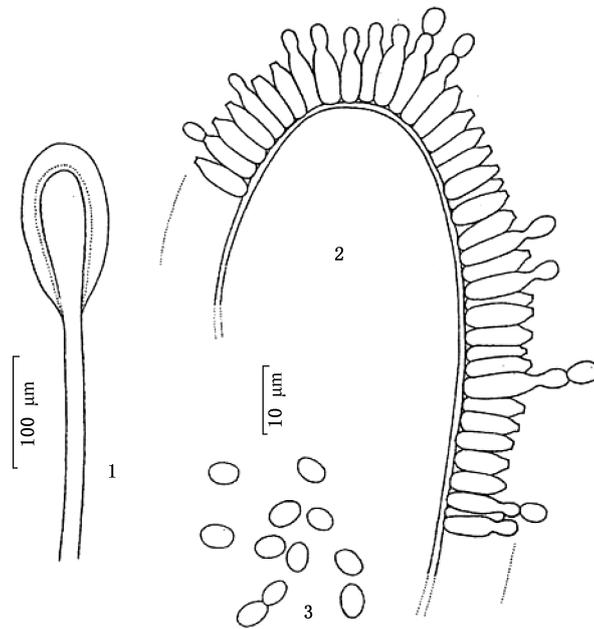


图8 炭黑曲霉的产孢结构和分生孢子

6.1.8 棒曲霉 (*A. clavatus*)

菌落在查氏琼脂上 25 °C 7 d 直径 23 mm~30 mm, 12 d 达 30~38 (~60) mm; 质地丝绒状至粉粒状, 有环形及辐射形沟纹; 菌丝体白色, 分生孢子结构暗蓝绿色, 近于艾绿至百合绿色 (Artemesia Green → Lily Green, R. XLVII), 有时分生孢子区中心部分现土黄色; 渗出液有或无, 无色或淡褐色; 无明显气味, 有的菌株则具强烈的腐臭; 菌落反面无色或淡黄色。分生孢子头幼时为棒形, 长度可达 300 μm, 直径可达 150 μm, 老后裂成几个致密的圆柱体; 分生孢子梗发生于基质, 孢梗茎长短不一, 短者 300 μm~400 μm, 长者可达 3 000 μm, 直径 20~30 (~50) μm, 壁较薄, 光滑无色; 顶囊由孢梗茎顶端膨大逐渐成为棍棒形, 长度可达 250 μm, 直径 50~60 (~100) μm; 产孢结构单层: 瓶梗密集着生于顶囊的全部表面, 一般为 8~12 μm × 2~3 μm, 生于顶囊基部者较为短小; 分生孢子为椭圆形, 3~4.5 (~5) μm × 2.5~3 μm, 壁光滑; 未见菌核及有性阶段, 见图 9。

棒曲霉的某些菌株可产生展青霉素 (Patulin)。



说明：

- 1——分生孢子梗和分生孢子头；
- 2——产孢结构；
- 3——分生孢子。

图9 棒曲霉的产孢结构和分生孢子

6.2 青霉属 (*Penicillium*)

本属产毒真菌，主要包括橘青霉、橘灰青霉(异名：圆弧青霉 *P. cyclopium*)、灰黄青霉(异名：展青霉 *P. patulum*，荨麻青霉 *P. urticae*)、鲜绿青霉等(原名：纯绿青霉 *P. viridicatum*)。这些真菌可能产生桔青霉素、圆弧偶氮酸、展青霉素等次生代谢产物。

菌丝细，具横隔，无色透明或色淡，有颜色者较少，更不会有暗色，展开并产生大量的不规则分枝，形成不同致密程度的菌丝体；由菌丝体组成的菌落边缘通常明确、整齐，很少有不规则者；分生孢子梗发生于埋伏型菌丝、基质表面菌丝或气生菌丝；孢梗茎较细，常具横隔，某些种在其顶端呈现不同程度的膨大，在顶部或顶端产生帚状枝，壁平滑或呈现不同程度的粗糙；其中帚状枝的形状和复杂程度是鉴别分类的首要标准，帚状枝有单轮生、双轮生、三轮生、四轮生和不规则者；产细胞瓶梗相继产生，彼此紧密、不紧密或近于平行，瓶装、披针形、圆柱状和近圆柱状者少，通常直而不弯，其顶端的梗颈明显或不明显；分生孢子是向基的瓶梗孢子，单胞，小，球形、近球形、椭圆形、近椭圆形、卵形或有尖端、圆柱状和近圆柱状者少，壁平滑、近于平滑、不同程度的粗糙，形成干链，使菌落表面形成不同程度颜色，如绿色、蓝色、灰色、橄榄色，褐色者少，颜色往往随着菌龄的增加而变得较深或较暗。

6.2.1 橘青霉 (*P. citrinum*)

菌落在查氏琼脂上 25℃ 培养 12 d，直径 20 mm~30 mm；具少量或大量放射状皱纹，或有几道同心环纹；质地通常绒状或中心带絮状；分生孢子结构通常大量产生(偶遇营养缺陷型分离物则生长很稀疏)，分生孢子面通常呈现典型的蓝绿色，也有灰绿色者，近于豆绿色、艾绿色至百合绿色(pea green, Artemisia green, Lily green, R. Pl. XLVII)及淡灰橄榄绿色(light grayish olive, R. Pl. XLVI)；菌丝体白色至黄色；通常有适量或大量的淡黄色、黄色的渗出液；反面橙黄色、黄褐色或带红褐色；可溶性色素

淡黄褐色,黄色、偶有缺乏者。

分生孢子梗发生于基质,孢梗茎 $80\sim 250(\sim 300)\mu\text{m}\times 2.5\sim 3.2\mu\text{m}$,偶有少量发生于气生菌丝者的长度通常小于 $80\mu\text{m}$,壁平滑;帚状枝双轮生,偶有三轮生或单轮生;梗基每轮 $3\sim 5$ 个, $8.0\sim 16(\sim 20)\mu\text{m}\times 2.2\sim 3.0\mu\text{m}$,同轮中的长短通常相差较大,显著叉开,顶端通常呈现囊状膨大;瓶梗每轮 $6\sim 10$ 个或更多, $8.0\sim 9.0(\sim 11)\mu\text{m}\times 2.0\sim 2.5\mu\text{m}$,瓶状,梗颈短;分生孢子呈现球形或近球形,小, $2.5\sim 3.2\mu\text{m}$,壁平滑或近于平滑;分生孢子链较疏松或是较紧密的圆柱状,见图 10。

橘青霉的某些菌株可产生桔青霉素(Citrinin)。

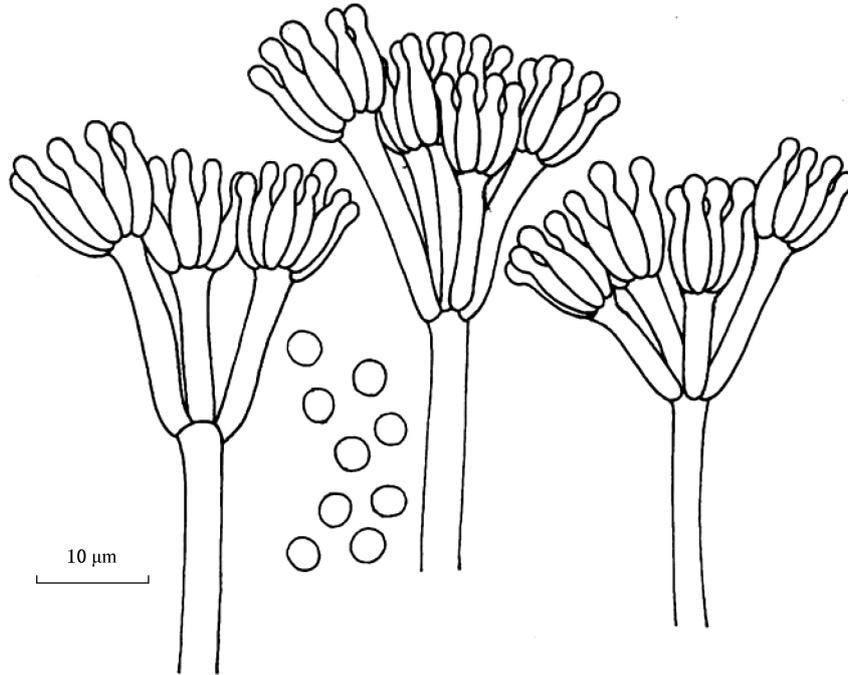


图 10 橘青霉的分生孢子结构和分生孢子

6.2.2 橘灰青霉 *P. aurantiigriseum* (异名:圆弧青霉 *P. cyclopium*)

菌落在查氏琼脂上 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 培养 12 d,直径 $42\text{ mm}\sim 55\text{ mm}$;有少量的放射状皱纹,同心环纹少或较多,也有近于平坦者;质地绒状兼粉末状或颗粒状;分生孢子结构大量产生,分生孢子面通常呈现典型的蓝绿色,近于豆绿色、艾绿色和百合绿色(pea green, Artimisia green, Lily green, R. PI. XLVII),中心面上往往是暗绿色或暗褐绿色,近于暗橄榄绿色(dusky olive-green, R. PI. XLI)或紫杉绿色(Yew green, R. PI. XXXI);菌丝体白色;渗出液黄褐色、橘红色,偶有缺乏者;反面黄褐色、红褐色或紫褐色;可溶性色素缺乏,偶有存在。

分生孢子梗发生于基质,孢梗茎 $(150\sim)200\sim 400(\sim 500)\mu\text{m}\times 3.5\sim 4.5\mu\text{m}$,壁通常呈现小疣状粗糙,也有平滑者,这两者可能出现于同一分离物中;帚状枝三轮生,双轮生者少,彼此通常紧贴;副枝 $1\sim 2(\sim 3)$ 个, $12\sim 25(\sim 32)\mu\text{m}\times 3.2\sim 3.5\mu\text{m}$,壁显著的小疣状粗糙或平滑;梗基每轮 $(2\sim)3\sim 5$ 个, $(8.0\sim)10\sim 15\mu\text{m}\times 2.8\sim 3.2\mu\text{m}$,壁平滑;瓶梗每轮 $5\sim 7$ 个, $8.0\sim 10(\sim 11)\mu\text{m}\times 2.2\sim 2.6\mu\text{m}$,瓶状,梗颈不明显;分生孢子呈现球形、近球形至椭圆形, $3.5\sim 4.2\mu\text{m}\times 2.5\sim 3.5\mu\text{m}$ 或 $3.2\sim 4.0\mu\text{m}$,壁平滑;分生孢子链呈现叉开的圆柱状或疏松而不规则,见图 11。

橘灰青霉的代谢产物为圆弧偶氮酸。

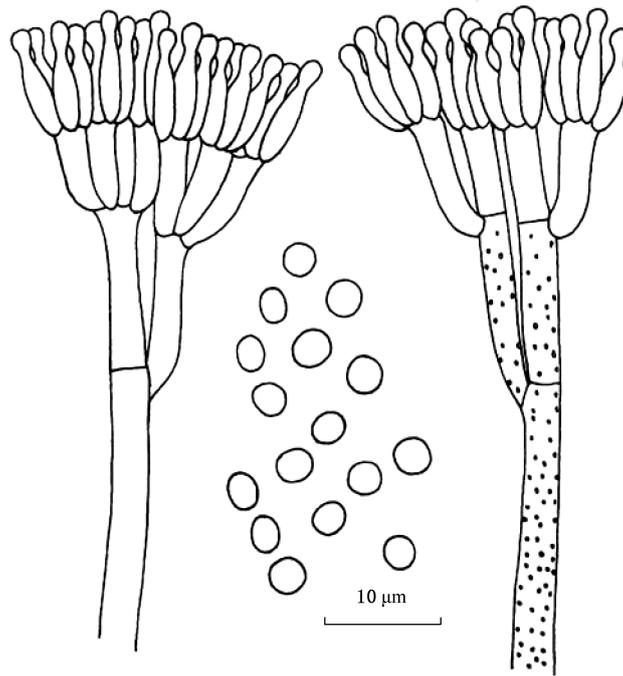


图 11 橘灰青霉的分生孢子结构和分生孢子

6.2.3 灰黄青霉 *P. griseofulvum* (异名:展青霉 *P. patulum*, 荨麻青霉 *P. urticae*)

菌落在查氏琼脂上 25 °C 培养 12 d, 直径 20 mm~28 mm; 通常产生大量的放射状皱纹或中心有脐状突起而中部面上有不太明显的同心环纹; 质地通常绒状, 带轻微絮状, 在边缘面上的颗粒状通常更为突出; 分生孢子结构通常大量产生或较少, 分生孢子面灰蓝绿色或蓝绿色, 近于淡灰橄榄色 (light grayish olive, R. PI. XL.VI)、豆绿色 (pea green, R. PI. XLVII); 菌丝体, 边缘通常呈现白色, 而中部面上往往呈现淡黄色至紫褐色; 渗出液通常大量产生, 带红褐色或黄褐色, 偶有缺乏者; 反面黄褐色、橘褐色或红褐色; 可溶性色素类似较淡的反面颜色。

分生孢子梗发生于基质或在孢梗束和束丝之中, 孢梗茎 250~400 (~650) μm \times 3.2~4.0 (~4.5) μm , 壁平滑; 帚状枝比较复杂, 多是四轮生, 三轮生者相对较少, 叉开, 其分枝点通常 2~3 个或更多, 且显得分散; 副枝通常 2~3 个, 可达 4~5 个, 16~30 (~40) μm \times 3.0~3.5 (~4.0) μm ; 类副枝通常 2 个, 偶有 3 个, 8.0~18 μm \times 3.0~3.5 μm ; 梗基每轮 2~4 个, 8.0~11 μm \times 2.8~3.5 μm , 顶端通常膨大; 瓶梗每轮 5~7 个, 5.0~6.5 (~7.5) μm \times 2.0~2.5 μm , 瓶状, 短, 梗颈也短; 分生孢子呈现近球形或宽椭圆形, 2.8~3.5 μm \times 2.2~3.0 μm , 壁光滑, 分生孢子链呈现较紧密而又叉开的圆柱状或近圆柱状, 见图 12。

灰黄青霉的某些菌株产生展青霉素。

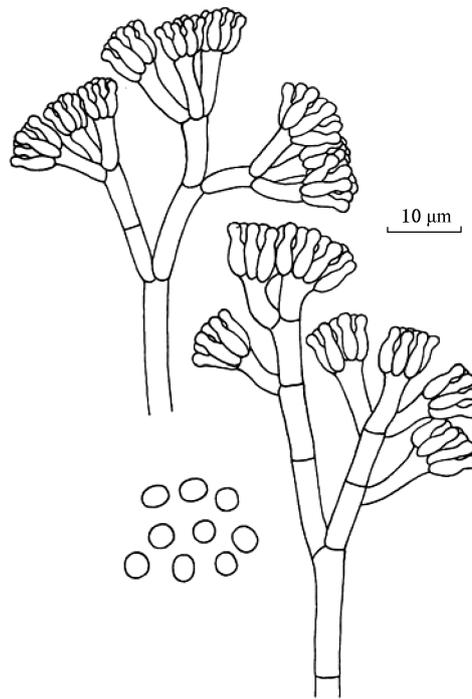


图 12 灰黄青霉的分生孢子结构和分生孢子

6.2.4 鲜绿青霉 *P. viridicatum* (原名: 纯绿青霉 *P. viridicatum*)

菌落在查氏琼脂上 25 °C 培养 12 d, 直径 27 mm~35 mm; 有少量放射状皱纹或几道同心环纹, 偶有近于平坦者; 质地绒状兼颗粒状; 分生孢子结构在菌落边缘或近边缘大量产生, 分生孢子面黄绿色, 近于林肯绿色、阿月浑子绿色 (Lincoln green, Pistachio green, R. PL. XLI)、孔雀石绿色 (malachite green, R..PL. XXXII); 菌丝体白色, 中部面往往呈现微黄白色或淡褐色; 渗出液淡黄浅褐色或缺乏; 反面黄色或黄红褐色; 可溶性色素类似较淡的反面颜色或缺乏。

分生孢子梗发生于基质, 孢梗茎 150~300 (~450) μm \times 35~4.5 μm , 壁显著的疣状粗糙; 帚状枝三轮生, 偶有双轮生或四轮生, 彼此紧贴或较紧贴; 副枝 1~2 个, 14~25 (~35) μm \times 3.2~4.0 μm ; 壁显著疣状粗糙; 梗基每轮 2~5 个, 8.0~14 (~16) μm \times 3.0~3.5 μm , 壁通常疣状粗糙, 顶端通常膨大; 瓶梗每轮 5~8 个, 7.0~11 μm \times 2.2~2.8 μm , 瓶状, 梗颈短; 分生孢子呈现球形或近球形, 3.2~4.0 (~4.5) μm , 壁平滑; 分生孢子链不规则或近于圆柱状, 见图 13。

鲜绿青霉的某些菌株可产生赭曲霉毒素和桔青霉素。

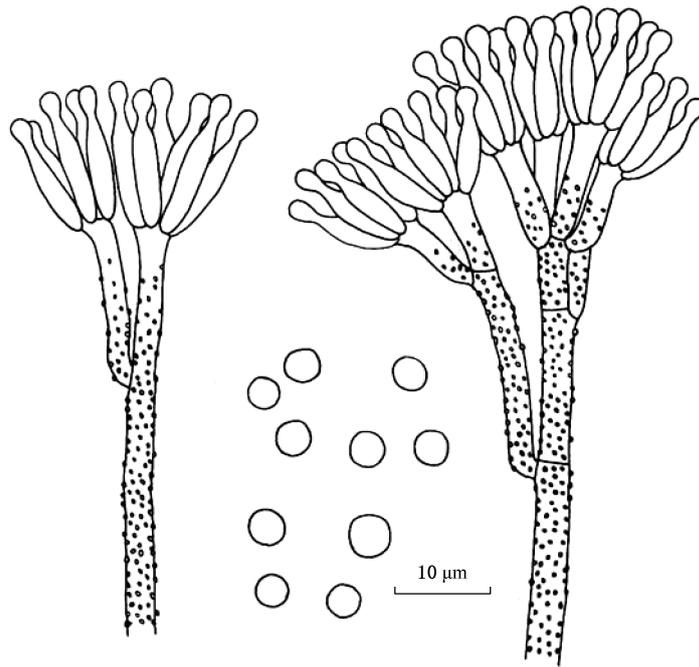


图 13 鲜绿青霉的分生孢子结构和分生孢子

6.3 镰刀菌属 (*Fusarium*)

本属的产毒真菌主要包括禾谷镰刀菌、串珠镰刀菌、雪腐镰刀菌、三线镰刀菌、梨孢镰刀菌、拟枝孢镰刀菌、尖孢镰刀菌、茄病镰刀菌和木贼镰刀菌等。这些真菌可能产生单端孢霉烯族化合物(Trichothecenes)、玉米赤霉烯酮(Zearalenone, 简称 ZEN)、串珠镰刀菌素(Moniliformin)和丁烯酸内酯(Butenolide)等次生代谢产物。

在马铃薯-葡萄糖琼脂或查氏培养基上气生菌丝发达,高 0.5 cm~1.0 cm 或较低为 0.3 cm~0.5 cm,或更低为 0.1 cm~0.2 cm;气生菌丝稀疏,有的甚至完全无气生菌丝而由基质菌丝直接生出粘孢层,内含大量的分生孢子。大多数种小型分生孢子通常假头状着生,较少为链状着生,或者假头状和链状着生兼有。小型分生孢子生于分枝或不分枝的分生子梗上,形状多样,有卵形、梨形、椭圆形、长椭圆形、纺锤形、披针形、腊肠形、柱形、锥形、逗点形、圆形等。1~2(3)隔,通常小型分生孢子的量较大型分生孢子为多。大型分生孢子产生在菌丝的短小爪状突起上或产生在分生孢子座上,或产生在粘孢团中;大型分生孢子形态多样,镰刀形、线形、纺锤形、披针形、柱形、腊肠形、蠕虫形、鳗鱼形,弯曲、直或近于直。顶端细胞形态多样,有短喙形、锥形、钩形、线形、柱形,逐渐变窄细或突然收缩。气生菌丝、子座、粘孢团、菌核可呈各种颜色,基质亦可被染成各种颜色。厚垣孢子间生或顶生,单生或多个成串或成结节状,有时也生于大型分生孢子的孢室中,无色或具有各种颜色,光滑或粗糙。

镰刀菌属的一些种,初次分离时只产生菌丝体,常常还需诱发产生正常的大型分生孢子以供鉴定。因此须同时接种无糖马铃薯琼脂培养基或查氏培养基等。

6.3.1 串珠镰刀菌(*F. moniliforme*)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上气生菌丝棉絮状,苍白~粉红色至淡紫色,米饭培养基上呈玫瑰、紫红乃至蓝色或它们之间的颜色,粘孢团粉红色、粉红~肉桂色乃至暗蓝色。瓶状小梗较细长,20~30 μm×2~3 μm。小型分生孢子链状或假头状着生,椭圆形、纺锤形、卵形、梨形、腊肠形,透明,单细胞或有一隔,直或稍弯,3~7(~14) μm×2~3(~4.8) μm。大型分生孢子锥形、镰刀形、纺锤形、纺锤~镰

刀形、线形,顶端逐渐窄细或粗细均一,或一端较钝而另一端较锐,透明,壁薄,脚胞明显或楔形,3~6(~7)隔,见图14。

3~4 隔:(25 μm ~36 μm) \times (2.5 μm ~3.5 μm);

5~6 隔:(30 μm ~50 μm) \times (2.5 μm ~4 μm);

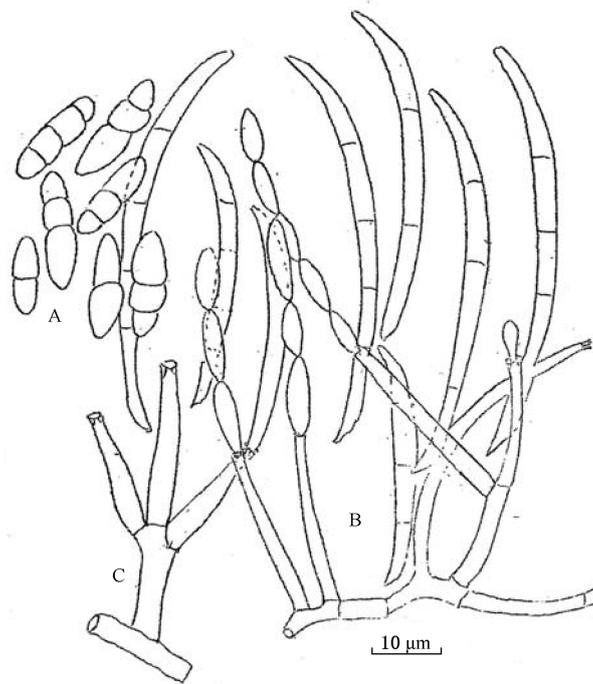
7 隔:40~60(~14) μm \times 3~4.8 μm 。

无厚垣孢子,有子座及菌核,呈黄、褐或紫色。

子囊阶段:藤仓赤霉(*Gibberella fujikuroi*)。

子囊壳深蓝色,球形、卵形或圆锥形,外壁具疣状突起,(250 μm ~330 μm) \times (220 μm ~280 μm),子囊圆筒形~腊肠形,含4~8个子囊孢子,子囊孢子椭圆形,1隔,(14 μm ~18 μm) \times (4.4 μm ~7 μm)。

串珠镰刀菌主要分布在水稻上,还可在玉蜀黍、甘蔗及橘柑、棉、洋葱等植物的根、茎、穗、种子及土壤中,能产生串珠镰刀菌素和玉米赤霉烯酮等。



说明:

A——子囊孢子;

B——小型分生孢子和分生孢子梗;

C——大型分生孢子和分生孢子梗。

图14 串珠镰刀菌(藤仓赤霉)

6.3.2 禾谷镰刀菌(*F. graminearum*)

禾谷镰刀菌在马铃薯葡萄糖琼脂培养基上生长快,4 d后菌落平均直径8.9 cm,生长旺盛,菌丝棉絮状至丝状,白色、淡玫瑰色、白~洋红色,中央有时有黄色气生菌丝区。反面深洋红色或淡砖红-赭色。通常野生菌株不产孢子,在加3%食盐的查氏培养液或麦粒煎汁培养基深层震荡培养4 d~5 d时可产生大型分生孢子。大型分生孢子近镰刀形、纺锤形、披针形,椭圆形弯曲或近于直,顶端逐渐变细,顶端细胞较长,脚胞通常明显或楔状,大多数3~5隔,极少数1~2隔或6~9隔,无色,聚集时浅红色,单个孢子无色,聚集时呈浅粉红色,见图15。

大型分生孢子量度3~4隔 $25\sim 40\ \mu\text{m}\times 2.5\sim 4\ \mu\text{m}$

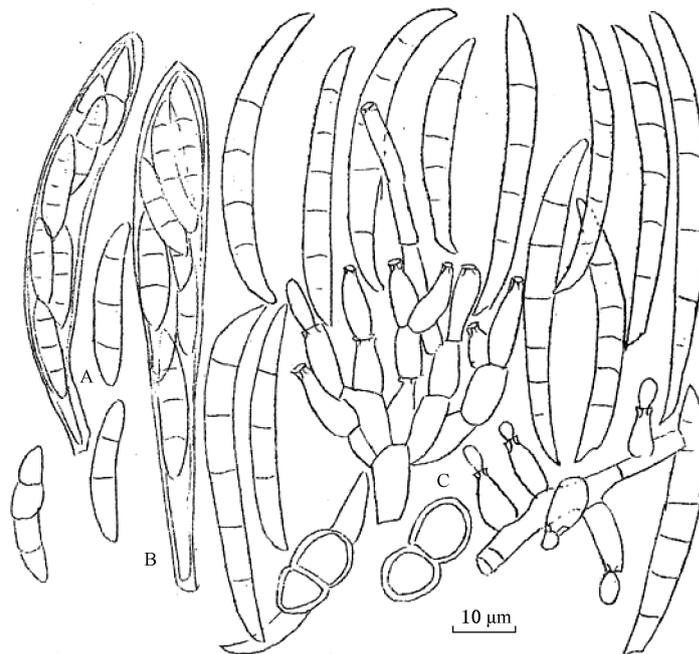
5~7隔 $48\sim 50\times 3\sim 3.5\ \mu\text{m}$ (变幅 $35\sim 62\times 2.5\sim 5\ \mu\text{m}$)

在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上通常无厚垣孢子,但在菌丝中可见膨大细胞。膨大细胞球形或卵形,单个或成串顶生或间生,壁薄,透明,直径 $6\sim 12(\sim 14)\ \mu\text{m}$ 。

有些菌株在马铃薯块或米饭上产生菌核和子座。本种无小型分生孢子,一般不产厚垣孢子,如有也极少,间生。子囊壳散生或聚集,在受害植物组织上产生。

子囊阶段:玉米赤霉(*Gibberella zeae*)。

禾谷镰刀菌是赤霉病麦的主要病原菌,主要引起小麦、大麦和元麦的赤霉病,禾谷镰刀菌还可以感染玉米和水稻等,能产生脱氧雪腐镰刀菌烯醇(Deoxynivalenol,简称DON)、玉米赤霉烯酮(ZEN)和T-2毒素(T-2 toxin)等。



说明:

A——寄主上的子囊和子囊孢子;

B——培养中的子囊孢子;

C——分生孢子和分生孢子梗。

图 15 禾谷镰刀菌(玉米赤霉)

6.3.3 梨孢镰刀菌 (*F. poae*)

梨孢镰刀菌在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上生长快,呈洋红色、苍白~玫瑰色、玫瑰~洋红色洋红~赭色,反面呈深浅不同的洋红色或浅紫洋红色,蛛丝状、丝状,有时带粉状。小型分生孢子生于桶状的瓶状小梗上,假头着生,瓶状小梗 $15\sim 2\ \mu\text{m}\times 2.5\ \mu\text{m}$ 。小型分生孢子主要呈球形和梨形,其次为柠檬形、倒卵形、椭圆形、窄瓜子形,0~1隔,透明,球形孢子直径 $4\sim 8(10)\ \mu\text{m}$,其他形状的小型分生孢子 $8\sim 20(26)\ \mu\text{m}\times 2.5\sim 8(9)\ \mu\text{m}$ 。

大型分生孢子近镰刀形、纺锤~披针形,弯度稍大,上半部稍宽,顶端细胞短钝,脚胞有或无,培养时常见1~3隔孢子,3隔: $17\sim 44\ \mu\text{m}\times 3\sim 5\ \mu\text{m}$ 。

厚垣孢子生于菌丝中,矩圆形至椭圆或似椭圆形,多数间生,少数顶生、单生或数个成串,或结节状,

赭黄色,见图 16。

梨孢镰刀菌主要寄生于谷类,可产生 T-2 毒素、HT-2 毒素、新茄病镰刀菌烯醇和丁烯酸内酯等。

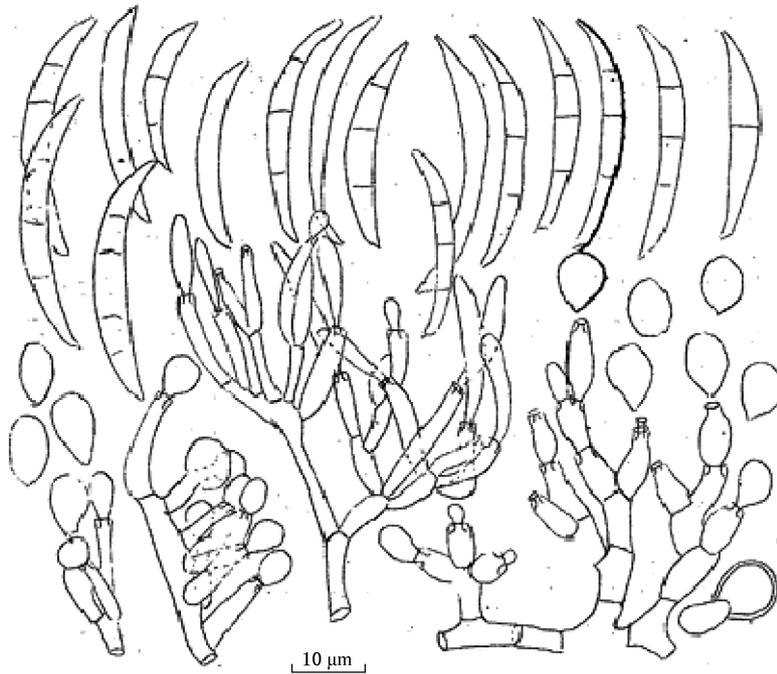


图 16 梨孢镰刀菌的小型 and 大型分生孢子梗及小型 and 大型分生孢子

6.3.4 三线镰刀菌(*F. tricinctum*)

三线镰刀菌与梨孢镰刀菌非常近似,只是在下述几点上有区别:

- a) 小型分生孢子以卵形、窄瓜子形、梨形的孢子居多,球形较少;
- b) 瓶状小梗船形至筒形居多,桶形较少;
- c) 大型分生孢子易见 3 隔以上的孢子,见图 17。

3 隔: $26 \sim 38 \mu\text{m} \times 3 \sim 4.7 \mu\text{m}$;

5 隔: $34 \sim 53 \mu\text{m} \times 3 \sim 4.8 \mu\text{m}$ 。

厚垣孢子呈球形,壁光滑,间生、单生或成串。

本菌主要寄生于玉米和小麦的种子上,可产生 T-2 毒素、丁烯酸内酯、二乙酸蔗草镰刀菌烯醇(Diacetoxyscirpenol,简称 DAS)和玉米赤霉烯酮。

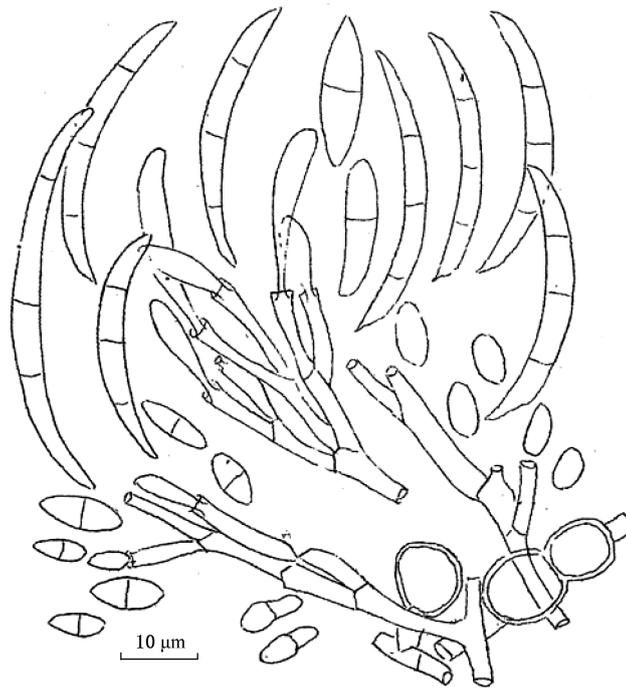


图 17 三线镰刀菌的分生孢子和分生孢子梗

6.3.5 雪腐镰刀菌 (*F. nivale*)

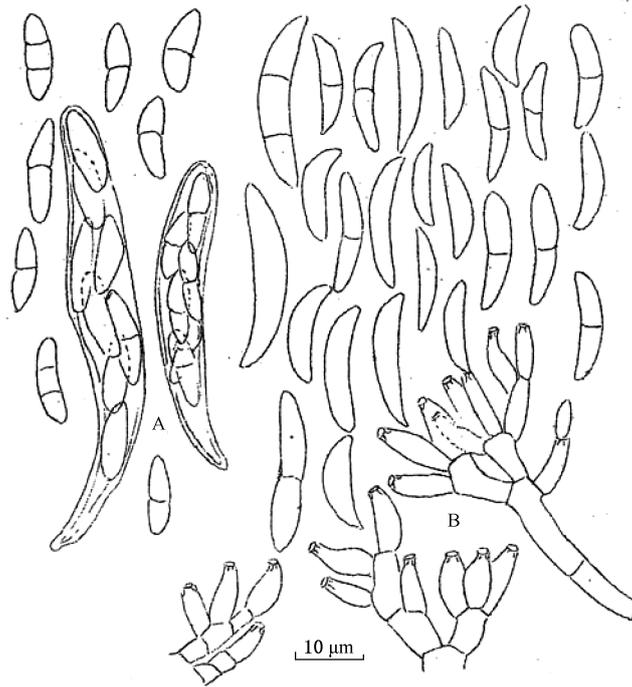
雪腐镰刀菌在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上菌落白色、浅桃色、粉红色至杏黄色,培养基(基质)稍呈浅黄色,菌丝呈稀疏棉絮状、蛛丝状,生长速度为4 d后平均菌落直径超过1 cm。在4℃发育良好,培养7 d~10 d可见分生孢子,分生孢子直接产生于气生菌丝中,但在某些菌株中,分生孢子可自小的分生孢子梗座上生出,粘孢团呈鲑橙色、浅橙色,干时肉桂褐色,菌丝直径1.5~5 μm,瓶状小梗7~9 μm×2.5~3 μm,分生孢子纺锤~镰刀形至香肠形,弯曲,两端渐变窄,末端钝圆,无脚胞,有时基部稍呈楔形,(0)1~3(5)隔,(5)7~30(35) μm×(2)2.5~4.0(5.0) μm,。厚垣孢子缺,子座小,透明,粉红至砖红,后期革褐色。

子囊壳埋生于罹病植株近茎基部叶的表皮下,外表呈小黑点状,无子座,切片观察,子囊壳呈卵形至球形,顶端乳头状,透明,贯穿表皮但不隆起,120~180 μm,×100~150 μm。子囊壳壁厚14~20 μm,由两层组成,外壁由4~5层长形至球形细胞组成,5~7 μm,×2.5~3 μm,具浅色素。内壁由数层薄壁细胞所组成。子囊棍棒形,偶尔圆柱形,薄壁60~70 μm×6~7 μm,含6~8个子囊孢子,子囊孢子椭圆形,中央有一个隔膜,但后期在两侧可再各生一个隔膜,10~17 μm×3.5~4.5 μm,见图18。

本菌无厚垣孢子,子座小,透明,呈粉红至砖红色,后期变为革褐色。

子囊阶段:雪腐小赤壳(*Micronectriella Mivalis*)。

雪腐镰刀菌主要分布在水稻上,还可在玉蜀黍、甘蔗及橘柑、棉、洋葱等植物的根、茎、穗、种子及土壤中,灭菌秸秆上低于18℃培养10 d~15 d,子囊壳生长茂盛,可产生镰刀菌烯酮-X、雪腐镰刀菌烯醇和二乙酸雪腐镰刀菌烯醇等有毒代谢产物。



说明：

A——子囊和子囊孢子；

B——分生孢子和分生孢子梗。

图 18 雪腐镰刀菌(雪腐小赤壳)

6.3.6 拟枝孢镰刀菌 (*F. sporotricoides*)

拟枝孢镰刀菌在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上生长速度较快(4 d 后菌落平均直径 3.5 cm)，气生菌丝蛛丝状，下部樱桃红铅红，表面白色至浅玫瑰色，菌落反面铅红色，琼脂本身无色。小型分生孢子生于气生菌丝的多芽产孢及简单的瓶状小梗上，简单瓶形小梗筒形， $12\sim 17\ \mu\text{m}\times 2.5\sim 3\ \mu\text{m}$ ，见图 19。

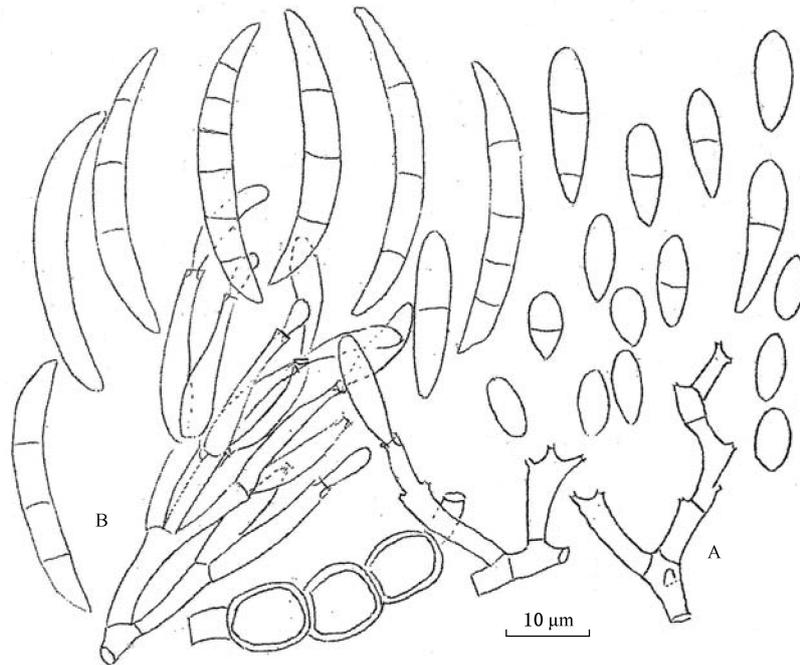
小型分生孢子椭圆形、纺锤形或倒卵形，0~1 隔， $7\sim 10\ \mu\text{m}\times 3\sim 5\ \mu\text{m}$ 。

大型分生孢子生于茂盛分枝的分生孢子梗上或分生孢子梗座上，瓶状小梗 $12\sim 25\ \mu\text{m}\times 2.5\sim 3\ \mu\text{m}$ 。

大型分生孢子镰刀形、纺锤~镰刀形、披针形，弯曲，无脚胞或楔形，3~5 隔， $24\sim 48\ \mu\text{m}\times 3.5\sim 5\ \mu\text{m}$ 。

厚垣孢子间生于菌丝中，单生或成串，球形，壁光滑，透明，成熟时变为淡褐色，直径 $10\sim 15\ \mu\text{m}$ 。

本菌主要寄生于禾谷类、蔬菜及杂草的种子及土壤中，能产生 T-2 毒素、HT-2 毒素、丁烯酸内酯和新茄病镰刀菌烯醇。



说明：

A——小型分生孢子和分生孢子梗；

B——大型分生孢子和分生孢子梗。

图 19 拟枝孢镰刀菌

6.3.7 木贼镰刀菌 (*F. equiseti*)

本菌生长速度快(4 d后菌落直径平均 5.8 cm),在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上气生菌丝棉絮状,白色、乳黄至褐色,米饭培养基上肉桂色。缺乏真正的小型分子孢子,大型分生孢子产生在近似帚状分枝的分生孢梗上或产生在气生菌丝单生的侧生瓶装小梗上,(10)12~17 μm ×(2.5)3~4 μm 。大型分生孢子纺锤~镰刀形、弧弓形、披针形,鳗状弯曲、抛物线弯曲、双曲线弯曲或近于直,中央细胞明显膨大,顶端细胞常窄细成长刺或线状,脚细胞明显,3~7 隔,见图 20。

3 隔: 22~45 μm ×3.5~5 μm ;

5 隔: 40~58 μm ×3.7~5 μm ;

7 隔: 42~60 μm ×4~5.9 μm 。

厚垣孢子间生于菌丝中,单独、成链或结节状,有极粗的疣状突起或光滑,黄褐色或透明,单个厚垣孢子直径 6~10 μm 。

子囊阶段:错综赤霉(*Gibberella intricans*)。

子囊壳单生或聚集,卵形,外壁疣瘤状,200~350 μm ×180~240 μm ,子囊棍棒形,含 4~8 个单行或双斜行排列的子囊孢子,子囊孢子 3 隔,少数 1~2 隔,透明,纺锤形,21~33 μm ×4~4.5 μm 。

本菌广泛分布于许多植物(禾谷类、豆类、药用植物、油料植物等)的根、茎基、果实、种子和土壤中,可造成植物枯萎病及根腐,能产生二醋酸蔗草镰刀菌烯醇(DAS)、玉米赤霉烯酮、新茄病镰刀菌烯醇和丁烯酸内酯。

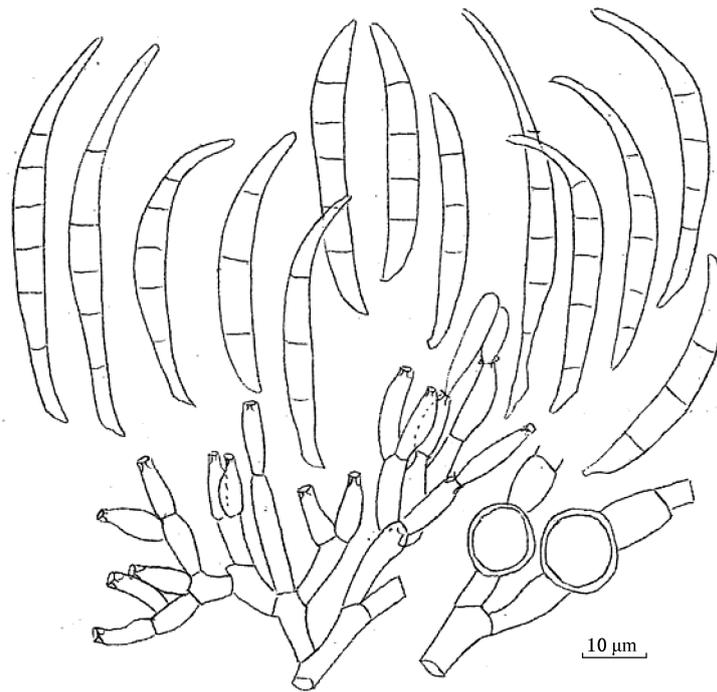


图 20 木贼镰刀菌(错综赤霉)的分生孢子、分生孢子梗和厚垣孢子

6.3.8 茄病镰刀菌(*F. solani*)

本菌在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上生长速度快(3.2 cm),气生菌丝生长良好,棉絮状或茸毛状,灰白色至苍白浅黄色,琼脂常有蓝色至蓝褐色或浅褐葡萄酒色或浅褐暗蓝色。粘孢团有或无,如有则呈白、褐、黄、绿、蓝或它们之间的颜色。小型分生孢子假头状着生,瓶装小梗筒形,40~80×2.5~3 μm。小型分生孢子椭圆形,卵圆形,长椭圆形,0~1隔,光滑,4~15×3~5 μm(变化幅度3~19×2~6 μm)。大型分生孢子纺锤~镰刀形,纺锤~柱形或近镰刀形,稍弯或直,很大距离的长度上直径相等,上部第2~3个细胞最亮,顶端细胞短,稍窄细或变钝,脚胞明显或无,壁相当厚,2~5(~8)隔。

3隔:17~44 μm(~52)×4~5(~7)μm;

4~5隔:35~55 μm(~60)×4.5~6.5(~7)μm;

6~7隔:45~65 μm(~70)×5~6.5(~7.2)μm。

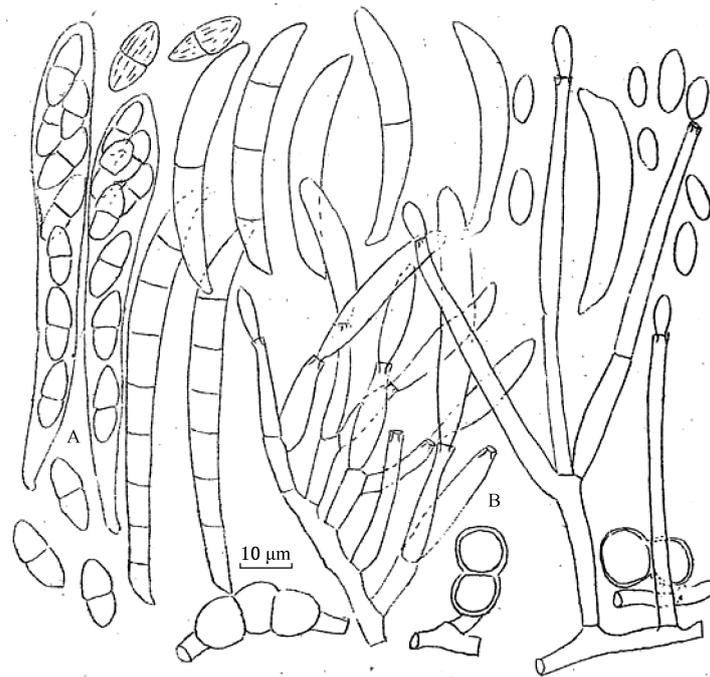
厚垣孢子顶生或间生,单生或双细胞,光滑或具小疣状突起,单细胞的厚垣孢子圆形或短圆形,直径约7~14(~16)μm。

米饭及马铃薯块上子座微白~黄色、微白~赭色、奶油黄色,暗蓝色、浅紫肉桂色、赭~肉桂色,菌核有或无。

子囊壳在寄主植物上稀疏至密聚,通常着生在假薄壁组织的子座垫上,不规则球形,具疣状突起,浅橙色至棕色或最后浅褐色,直径130~200 μm(110~250 μm),子囊筒形~棍棒性,顶端钝圆,具一孔口,60~80 μm×8~12 μm,含8隔子囊孢子,子囊孢子椭圆形至倒卵形,中央有一隔,隔膜处稍溢缩,透明,后变浅褐色,壁具纵条纹,11~18 μm×4~7 μm(平均12.5×5.5 μm),见图21。

子囊阶段:红球丛赤壳(*Nectria haematocococa*)。

茄病镰刀菌可自许多罹病植物的根茎、果实及种子分离到,能产生新茄病镰刀菌烯醇和玉米赤霉烯酮。



说明：

A——子囊和子囊孢子；

B——分生孢子和分生孢子梗。

图 21 茄病镰刀菌(红球赤壳)

6.3.9 尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)

菌株在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上苍白、鲑色、粉红色、淡葡萄酒色、紫色、苍白~板石色，菌丝细毛状、茸毛状至棉毛状，有时几乎不发达，仅有贴伏状菌丝绳状细丝蔓延。菌落粘质，子座白色、粉红色、橙色、紫红色。小型分生孢子假头状着生，0~1隔，卵形至腊肠形，生于侧生的瓶状小梗上。大型分生孢子镰刀形、线形、矛形纺锤~锥形至纺锤~镰刀形，较窄、壁薄，末端直、稍弯或成喙状，脚胞有或呈楔状，厚垣孢子通常多，顶生或间生，单生或成链。子座突起经常形成有类似赤霉属(*Gibberella*)的子囊壳，但未报告有子囊或子囊孢子，通常认为本组的子囊阶段未明。

小型分生孢子： $6\sim 14\ \mu\text{m}\times 2\sim 3$ ($4\sim 18\times 1.8\sim 3.5$) μm ；

大型分生孢子：3隔 $23\sim 45\ \mu\text{m}\times 2.5\sim 3.5$ ($16\sim 50\times 2\sim 4.5$) μm ；

5隔 $30\sim 40\ \mu\text{m}\times 3\sim 4$ ($22\sim 50\times 2.2\sim 4.8$) μm ；

6~7隔 $50\sim 55\ \mu\text{m}\times 3\sim 4$ ($45\sim 60\times 2.2\sim 4.8$) μm 。

菌丝中的厚垣孢子顶生或间生，单细胞或双细胞，光滑或粗糙或有疣状突起，单细胞的厚垣孢子圆形或矩圆形，直径约 $5\ \mu\text{m}\sim 13\ \mu\text{m}$ (~ 16) μm ，见图 22。

尖孢镰刀菌可寄生于玉米、小麦和大麦的种子上，可产生玉米赤霉烯酮和 T-2 毒素。

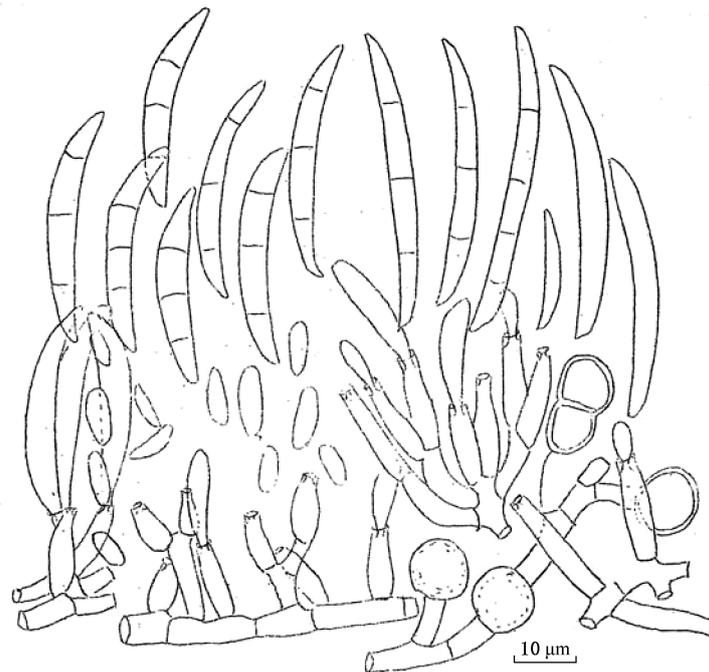


图 22 尖孢镰刀菌的分生孢子、分生孢子梗和厚垣孢子

6.4 木霉属(*Trichoderma*)

木霉生长迅速,菌落棉絮状或致密丛束状,产孢丛束区常排列成同心轮纹,菌落表面颜色为不同程度的绿色,有些菌株由于产孢不良几乎呈白色。菌落反面无色或有色,气味有或无,菌丝透明,有隔,分枝繁复。厚垣孢子有或无,间生于菌丝中或顶生于菌丝短侧分枝上,球形、椭圆形、无色,壁光滑。分生孢子梗为菌丝的短侧枝,其上对生或互生分枝,分枝上又可继续分枝,形成二级、三级分枝,终而形成似松柏式的分枝轮廓,分枝角度为锐角或几乎直角,束生、对生、互生或单生瓶状小梗。分枝的末端即为小梗,但有的菌株主梗的末端为一鞭状而弯曲不孕菌丝。分生孢子由小梗相继生出靠粘液将其聚成球形或近球形的孢子头,有时几个孢子头汇成一个大的孢子头。分生孢子近球形或椭圆形、圆筒形、倒卵形等,壁光滑或粗糙,透明或亮黄绿色,见图 23。

木霉属中里氏木霉(*T. reesei*)和绿色木霉(*T. viride*)的一些菌株产生木霉素,属于单端孢霉烯族化合物。

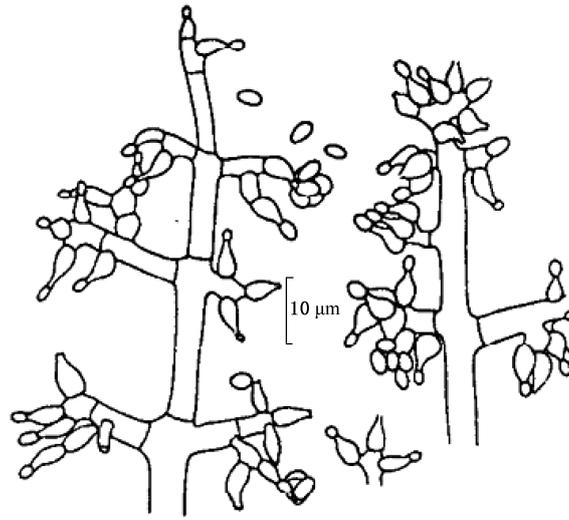


图 23 木霉的产孢结构

6.5 头孢霉属 (*Cephalosporium*)

在合成培养基及马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上各个种的菌落类型不一,有些种缺乏气生菌丝,湿润或呈细菌状菌落,有些种气生菌丝发达,呈茸毛状或絮状菌落,或有明显的绳状菌丝索或孢梗束。菌落的色泽可由粉红至深红,白、灰色或黄色。营养菌丝有隔,分枝,无色或鲜色或者在少数情况下由于盛产厚垣孢子而呈暗色。菌丝常绕结成绳状或孢梗束。分生孢子梗很短,大多数从气生菌丝上生出,基部稍膨大,呈瓶状结构,互生、对生或轮生。分生孢子从瓶状小梗顶端溢出后推至侧旁,靠粘液把它们粘成假头状,遇水即散开,成熟的孢子近圆形、卵形、椭圆形或圆柱形,单细胞或偶尔有一隔,透明,见图 24。有些种具有性阶段可形成子囊壳。

头孢霉属的某些菌株能引起芹菜、大豆和甘蔗等的植物病害,它所产生的毒素属于单端孢霉烯族化合物。

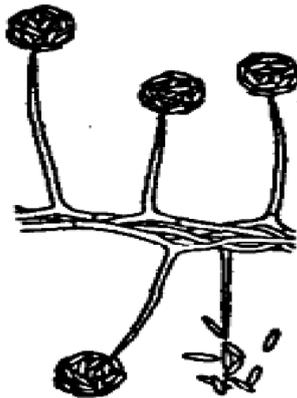
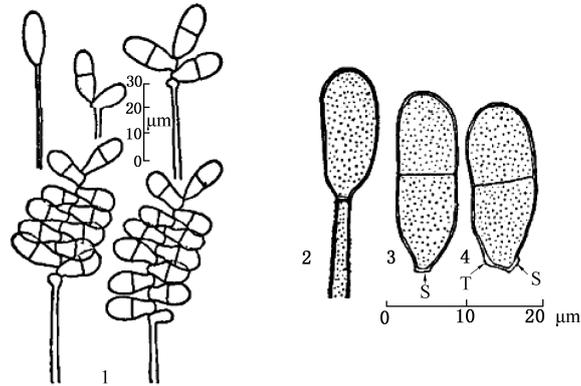


图 24 头孢霉的产孢结构

6.6 单端孢霉属 (*Trichothecium*)

本属菌落薄,絮状蔓延,分生孢子梗直立,有隔,不分枝。分生孢子 2 室~4 室,透明或淡粉红色。分生孢子是以向基式连续形成的形式产生,孢子靠着生痕彼此连接成串,分生孢子梨形或倒卵形,两胞室的孢子上胞室较大,下胞室基端明显收缩变细,着生痕在基端或其一侧,见图 25。

该属的某些菌株能产生单端孢霉素,属于单端孢霉烯族化合物。



说明:

- 1——分生孢子与孢子的形成顺序;
- 2——分生孢梗的第一个孢子的形成;
- 3——脱落的第一个分生孢子(S处指着生脐);
- 4——后来形成的(非第一个)分生孢子,T处指与隔邻孢子相接触处的加厚部。

图 25 单端孢霉的产孢结构

6.7 葡萄穗霉属 (*Stachybotrys*)

葡萄穗霉菌丝匍匐、蔓延,有隔,分枝,透明或稍有色。分生孢子梗从菌丝直立生出,最初透明然后烟褐色,规则地互生分枝或不规则分枝,每个分枝的末端生瓶状小梗,透明或浅褐色,在分枝末端单生、两个对生至数个轮生。分生孢子单个地生在瓶状小梗的末端,椭圆形、近柱形或卵形,暗褐色,有刺状突起,见图 26。

该属的某些菌株产生黑葡萄穗霉毒素,属于单端孢霉烯族化合物。

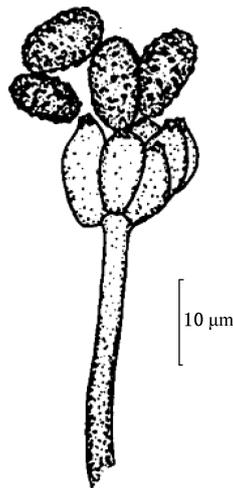


图 26 葡萄穗霉的分生孢子头

6.8 交链孢霉属 (*Alternaria*)

交链孢霉的不育菌丝匍匐,分隔。分生孢子梗,通常比菌丝粗而色深,直立单生或成簇,大多不分枝,较短。分生孢子倒棍形、卵形、倒梨形、椭圆形或近圆柱形,基部钝圆,顶端延长成喙状,淡褐色,有壁

砖状分隔,暗褐色,成链生长,孢子形态及大小极不规则,见图 27。

该属的某些菌株能产生交链孢酚(Alternariol,简称 AOH)、交链孢酚单甲醚(alternariol methyl ether, AME)和细交链孢菌酮酸(tenuazonic acid, TeA)等多种真菌毒素。

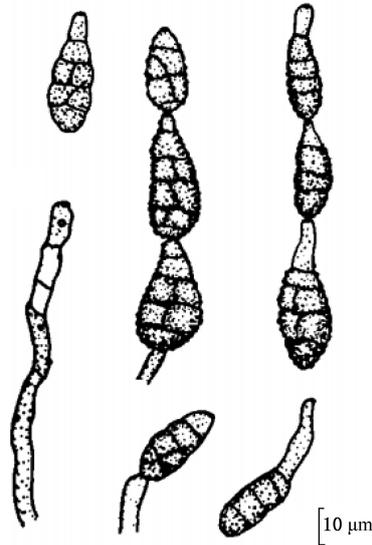


图 27 交链孢霉的分生孢子梗和分子孢子链

6.9 节菱孢属 (*Arthrinium*)

在马铃薯-葡萄糖琼脂培养基上,菌落生长蔓延,5 d~6 d 直径达 9 cm,白色或略带黄色絮状,背面(基质菌丝)微黄至深褐。有的菌落中间呈褐色,背面黑褐色,有的菌落带粉红色,有的菌丝较稀疏,并具有大量黑色孢子团。分生孢子梗从母细胞垂直于菌丝而伸出,分生孢子顶生或侧生。孢子褐色,光滑,双凸镜形、正面直径 $6.8\ \mu\text{m}\sim 13.3\ \mu\text{m}$,侧面厚度 $4.0\ \mu\text{m}\sim 10.0\ \mu\text{m}$,有的菌株具有腊肠形孢子,褐色、光滑、大小为 $(10.6\ \mu\text{m}\sim 14.7\ \mu\text{m})\times(4.0\ \mu\text{m}\sim 5.3\ \mu\text{m})$,见图 28。

该属的甘蔗节菱孢(*A. saccharicola*)和蔗生节菱孢(*A. phaeospermum*)中的一些菌株能产生 3-硝基丙酸。

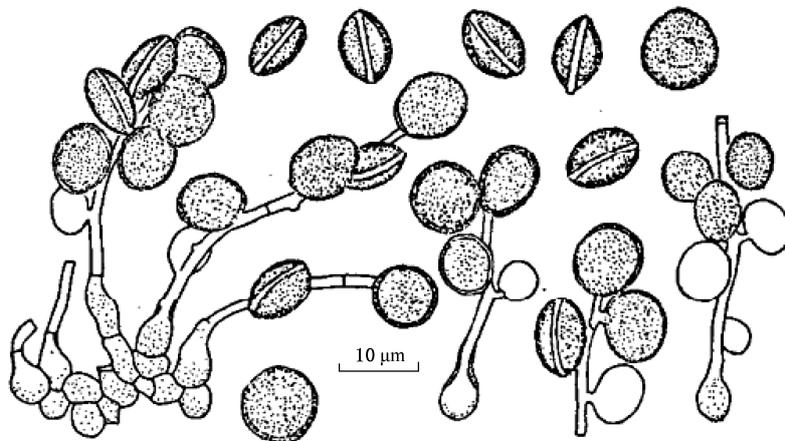
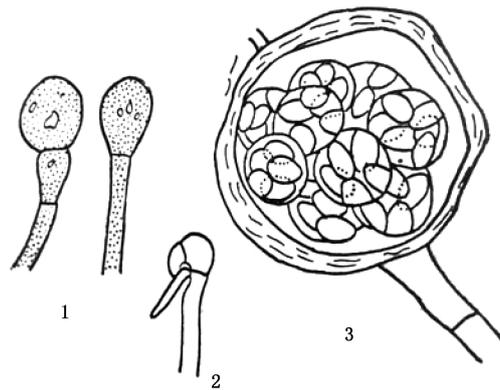


图 28 节菱孢的分生孢子

6.10 红曲菌属(*Monascus*)

红曲菌在麦芽汁琼脂培养基上生长良好,菌落初为白色,老熟后变为淡粉色、紫红色或灰黑色,因种而异。通常这类菌都能形成红色色素,甚至分泌到培养基中。菌丝具横隔,多核,分枝甚繁,且不规律。细胞幼时含颗粒,老后含空泡及油滴,菌丝体不产生与营养菌丝有区别的分生孢子梗。分生孢子着生在菌丝及其分枝的顶端,单生或以向基式生出,2个~6个成链。闭囊壳球形,有柄,柄长短不一。闭囊壳内散生十多个子囊,子囊球形,含8个子囊孢子,成熟后子囊壁解体,孢子剩留在薄壁的闭囊壳内,见图29。

红曲菌的某些菌株可产生桔青霉素。



说明:

- 1——雄器;
- 2——产囊体;
- 3——闭囊壳。

图 29 红曲属

7 结果与报告

根据菌落形态及镜检结果,参照上述各种真菌的形态描述,确定菌种名称,报告真菌菌种鉴定结果。

8 其他

该标准中涉及的实验操作应在生物安全二级实验室内进行。

附 录 A 培养基和试剂

A.1 乳酸苯酚液

A.1.1 成分

苯酚(纯结晶)	10 g
乳酸	10 g
甘油	20 g
蒸馏水	10 mL

A.1.2 制法

将苯酚置水浴中至结晶液化后加入乳酸、甘油和蒸馏水。

A.2 查氏培养基

A.2.1 成分

NaNO ₃	3.0 g
K ₂ HPO ₄	1.0 g
KCL	0.5 g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.5 g
FeSO ₄ · 7H ₂ O	0.01 g
蔗糖	30 g
琼脂	15 g
蒸馏水	1 000 mL

A.2.2 制法

量取 600 mL 蒸馏水分别加入蔗糖、NaNO₃、K₂HPO₄、KCl、MgSO₄ · 7H₂O、FeSO₄ · 7H₂O,依次逐一加入水中溶解后加入琼脂,加热融化,补加蒸馏水至 1 000 mL,分装后,121 °C 灭菌 15 min。

A.3 马铃薯-葡萄糖琼脂培养基

A.3.1 成分

马铃薯(去皮切块)	200 g
葡萄糖	20.0 g
琼脂	20.0 g
蒸馏水	1 000 mL

A.3.2 制法

将马铃薯去皮切块,加 1 000 mL 蒸馏水,煮沸 10 min~20 min。用纱布过滤,补加蒸馏水至

1 000 mL。加入葡萄糖和琼脂,加热溶化,分装后,121 ℃灭菌 20 min。

A.4 麦芽汁琼脂培养基

A.4.1 成分

麦芽汁提取物	20 g
蛋白胨	1 g
葡萄糖	20 g
琼脂	15 g

A.4.2 制法

称取蛋白胨、葡萄糖、琼脂,加入麦芽汁提取物,适量蒸馏水,加热溶化,补足至 1 000 mL,分装后,121 ℃灭菌 20 min。

A.5 无糖马铃薯琼脂培养基

A.5.1 成分

马铃薯(去皮切块)	200 g
琼脂	20.0 g
蒸馏水	1 000 mL

A.5.2 制法

将马铃薯去皮切块,加 1 000 mL 蒸馏水,煮沸 10 min~20 min。用纱布过滤,补加蒸馏水至 1 000 mL,加入琼脂,加热溶化,分装后,121 ℃灭菌 20 min。
