



孙广宇

西北农林科技大学植物保护学院教授。国家苹果产业技术体系病害岗位科学家。从事病原真菌分子系统演化和苹果病害防控技术研究，提出利用营养平衡控制苹果重大病害理论和方法。先后兼任中国菌物学会常务理事、中国园艺学会苹果分会常务理事、中国植物病理学会理事和陕西省植物病理学会副理事长；先后担任 *Plant Disease*、《菌物学报》副主编。

苹果轮纹病病害名称之规范

孙广宇^{1*}, 徐超², 梁晓飞¹, 张荣¹

1 西北农林科技大学植物保护学院, 陕西 杨凌 712100

2 河南农业大学植物保护学院, 河南 郑州 450046

摘要: 苹果轮纹病(apple ring rot)为苹果重要病害, 严重危害果实和枝干, 甚至造成幼树枯死等。苹果轮纹病可引起果实腐烂、枝干疣突、溃疡、粗皮等症状, 导致苹果轮纹病病害汉语名称使用混乱, 如苹果轮纹病、苹果干腐病、苹果果实轮纹病、苹果枝干轮纹病、轮纹烂果病等。病原拉丁学名的使用亦相当混乱, 葡萄座腔菌 *Botryosphaeria dothidea*、贝林格葡萄座腔菌 *B. berengeriana*、贝林格葡萄座腔菌梨生专化型 *B. berengeriana* f. sp. *pyricola*、七叶树壳梭孢 *Fusicoccum aesculi*、锹冢大茎点霉 *Macrophoma kuwatsukai*、梨生囊孢 *Physalospora pyricola* 和梨生球座菌 *Guignardia pyricola* 等学名都在被使用。本文根据近些年来国内外的研究新进展, 认为苹果轮纹病是一类复合病害, 与欧美国家发生的白腐病为同一种病害, 其病原包括葡萄座腔菌 *B. dothidea* 和锹冢葡萄座腔菌 *B. kuwatsukai*。建议将该复合病害汉语统称为苹果轮纹病, 英文采用 apple ring rot。鉴于两种病原在我国苹果产区的普发性, 建议在病害发生规律及抗病育种等研究中, 对于葡萄座腔菌和锹冢葡萄座腔菌均需充分重视。

关键词: 苹果干腐病; 苹果果实轮纹病; 葡萄座腔菌; 锹冢葡萄座腔菌

[引用本文]

孙广宇, 徐超, 梁晓飞, 张荣, 2023. 苹果轮纹病病害名称之规范. 菌物学报, 42(1): 76-85

Sun GY, Xu C, Liang XF, Zhang R, 2023. The revision to the Chinese names of apple ring rot. Mycosystema, 42(1): 76-85

*Corresponding author. E-mail: sgy@nwsuaf.edu.cn

Received: 2022-10-19; Accepted: 2022-11-01

The revision to the Chinese names of apple ring rot

SUN Guangyu^{1*}, XU Chao², LIANG Xiaofei¹, ZHANG Rong¹

¹ College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China

² College of Plant Protection, Henan Agriculture University, Zhengzhou 450046, Henan, China

Abstract: Apple ring rot is a devastating disease on apple tree, which severely damages fruits and trunks, and even leads to young tree death. Apple ring spot causes various symptoms such as fruit rot, canker, and warts. Various disease names in Chinese including apple ring rot, apple Botryosphaeria canker, apple fruit ring rot, and apple trunk ring rot have been used; moreover, various Latin scientific names of the pathogen such as *Botryosphaeria dothidea*, *B. berengeriana*, *B. berengeriana* f. sp. *pyricola*, *Fusicoccum aesculi*, *Macrophoma kuwatsukai*, *Physalospora pyricola* and *Guignardia pyricola* have been used in literatures. The various disease names in Chinese and pathogen Latin scientific names have generated significant confusions in China. The current review summarizes domestic and international research progresses on the etiology of apple ring rot. We propose that apple ring rot is a complex disease equivalent to white rot reported in Europe and US, with the causing pathogen including *B. dothidea* and *B. kuwatsukai*. Thus, it was suggested that “pingguo lunwenbing” should be used as the Chinese disease name, corresponding to “apple ring rot” as the English name. Both *B. dothidea* and *B. kuwatsukai* occur commonly in orchards in main apple production regions in China, and great importance should be attached to disease epidemic study and disease resistance breeding.

Keywords: Botryosphaeria canker; apple fruit ring rot; *Botryosphaeria*; *Botryosphaeria kuwatsukai*

苹果轮纹病(apple ring rot)严重危害果实和枝干,导致苹果果实腐烂、枝干表皮疣突、溃疡,危害幼树导致整树枯死,与苹果树腐烂病和早期落叶病被并称为我国苹果产业的三大病害(国立耘等 2009; 李保华等 2013)。

该病于 1929 年在辽宁发现(景学富等 1963)。目前在我国大部分苹果产区普遍发生,尤其在渤海湾苹果产区的河北、山东、辽宁等省和黄河故道区河南和江苏省等地严重发生(胡清玉等 2016)。2001 年烟台地区苹果轮纹病大发生,一般果园烂果率在 30%–50%,部分果园甚至绝收(董娟华和李保华 2009)。随着苹果套袋技术的推广,果实发病得到有效控制,但用药的减少导致枝干发病愈趋严重(Tang *et al.* 2012)。

近些年,随着气候、栽培制度及大量异地苗木调运等原因,该病在黄土高原区的陕西、山西、甘肃省矮化果园危害也在加重,幼树大面积死亡现象常有发生。

对于“苹果轮纹病”是一种病害还是几种病害,国内外一直缺乏一致的看法。在我国相关病害名称的使用十分混乱,如苹果轮纹病、苹果干腐病、苹果果实轮纹病、苹果枝干轮纹病及轮纹烂果病等不同名称被广泛使用。近些年来,随着多基因系统发育分析及全基因组分析技术在该类群研究中的应用,明确了苹果轮纹病是一种复合病害。本文根据近些年来国内外研究新进展,对病害的汉语学称、英文名称、病原的拉丁学名等提出了规范用法。

1 相关病原的鉴定与分类研究

1.1 苹果病原葡萄座腔菌分类鉴定

葡萄座腔菌属 *Botryosphaeria* Ces. et de Not. 由 de Notaris (1863) 建立, 其中包含了葡萄座腔菌 *B. dothidea*, 其最早发现于蔷薇属 *Rosa* 植物, 但未指定属的模式。de Notaris (1863) 增加更多种到 *Botryosphaeria*, 其中包括贝林格葡萄座腔菌 *B. berengeriana*。von Arx & Muller (1954) 整理 *Botryosphaeria* 属的种, 认为茶藨子葡萄座腔菌 *B. ribis* 是 *B. dothidea* 的异名。Barr (1972) 指定 *B. dothidea* 为属的候选模式(lectotype)。近些年来, 随着分子系统学研究技术的发展, *B. dothidea* 被广泛认可, *B. berengeriana* 属于其异名(Smith et al. 2001; Slippers et al. 2004, 2014; Phillips et al. 2013)。

对于苹果相关的病原, Grossenbacher & Dugger (1911) 将引起茶藨子溃疡的病原定名为 *B. ribis*。Putterill (1919) 在南非发现苹果干腐病, 将病原鉴定为 *B. mali* (无性阶段为有子座的 *Dothiorella mali* E. 和无子座的 *Macrophoma* spp.)。Fenner (1925) 和 Shear et al. (1925) 在美国报道苹果果实白腐病(white rot, *Botryosphaeria* rot or bot rot), 病原为 *B. ribis*, 并认为 *Dothiorella mali* 与 *B. ribis* 是同一个种。von Arx & Muller (1954) 曾提出 *B. ribis* 为 *B. dothidea* 异名, 因而 *B. dothidea* 被欧美学者作为苹果白腐病的病原广泛采纳(Sutton et al. 2014)。但是, von Arx & Muller (1975) 又提出 *B. ribis* 是 *B. berengeriana* 的异名, 因此, 小金泽硕城和佐久间勉(1984)将日本干腐型病菌鉴定为 *B. berengeriana*。该名称被日本和部分中国学者采用(陈策 1999)。Xu et al. (2015) 采用多基因核苷酸系统发育明确 *B. dothidea* 为我国苹果轮纹病主要病原。目前大量研究显示, *B. ribis* 为独立种, 但被归属于新壳梭孢属 *Neofusicoccum*; *Dothiorella* 不是葡萄座腔菌属的无性阶段, 而是一个独立的属; *Fusicoccum aesculi* 被认为是 *B. dothidea* 的无性

阶段名称(Zhang W et al. 2021; Zhang Y et al. 2021), 根据“*One Fungus One Name*”新法规, 该名称不再作为正式名称。葡萄座腔菌 *B. dothidea* 是我国苹果轮纹病主要病原之一, 其汉语名称、拉丁学名及异名如下:

***Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not.**
葡萄座腔菌

≡ *Sphaeria dothidea* Moug.

= *Botryosphaeria berengeriana* De Not.

= *Fusicoccum aesculi* Corda

1.2 苹果病原锹冢葡萄座腔菌分类鉴定

轮纹病(ring rot)于 1907 年最早于日本在梨果实上发现。1921 年, 锹冢在苹果枝条上报道由大茎点霉 *Macrophoma* 引起的苹果疣皮病, 1930 年原摄祐将疣皮病病原定名为锹冢大茎点霉 *M. kuwatsukai* Hara (北岛博 1989), 该菌可以侵染苹果果实引起轮纹症状, 因而将苹果疣皮病、瘤状粗皮病与引起的果实腐烂病害作为一种病害——轮纹病。Nose (1933) 在梨上发现 *M. kuwatsukai* 的有性时期, 命名为梨生囊孢 *Physalospora piricola* Nose, 后被修订为梨生球座菌 *Guignardia pyricola* (Yamamoto 1961)。小金泽硕城和佐久间勉(1980, 1984)在研究苹果果实腐烂病原时, 认为轮纹病的病原不属于 *Physalospora*, 而属于 *Botryosphaeria*; 他们发现果实腐烂的病原除了“苹果干腐病菌 *B. berengeriana*”外, 还存在一种新病原, 其形态与 *B. berengeriana* 无明显差异, 但主要引起疣皮症状, 定名为贝林格葡萄座腔菌梨生专化型 *B. berengeriana* f. sp. *piricola*。该病原名称被日本学者广泛采用, 但由于 *B. berengeriana* 被认为是 *B. dothidea* 的异名(Barr 1972; Slippers et al. 2004, 2014), 因而其种下的专化型 *B. berengeriana* f. sp. *piricola* 一直未被欧美和韩国学者认同。尽管如此 Sutton et al. (2014) 仍在其专著 *Compendium of apple and pear diseases and pests* 中将“apple ring rot”列为一个条目, 对 *B.*

berengeriana f. sp. *piricola* 进行了讨论。Xu *et al.* (2015) 采用多基因核苷酸系统发育揭示 *B. berengeriana* f. sp. *piricola* 与 *B. dothidea* 存在显著的遗传分化, 结合致病性、寄主范围、生物特性等多项性状, 明确其为一个独立物种, 并将 *B. berengeriana* f. sp. *piricola* 修订新组合为 *B. kuwatsukai*。Wang *et al.* (2018, 2021) 通过全基因组序列分析, 认为 *B. dothidea* 与 *B. kuwatsukai* 在大约 250 万年前分化为不同的种类。Zhang W *et al.* (2021) 和 Zhang Y *et al.* (2021) 基于多基因系统发育分析和形态学分析支持 *B. kuwatsukai* 为独立物种, 并认为 Zhou *et al.* (2017) 所建立的新种 *Botryosphaeria rosaceae* Y.P. Zhou & Y. Zhang *ter.* 为其异名。根据这些研究结果, 锹冢葡萄座腔菌 *Botryosphaeria kuwatsukai* 也是我国苹果轮纹病主要病原之一, 其相关异名如下:

Botryosphaeria kuwatsukai (Hara) G.Y. Sun and E. Tanaka 锹冢葡萄座腔菌

≡ *Macrophoma kuwatsukai* Hara

= *Physalospora pyricola* Nose

= *Guignardia pyricola* (Nose) W. Yamamoto

= *Botryosphaeria berengeriana* De Notaris f. sp. *pyricola* Koganezawa & Sakuma

= *Botryosphaeria rosaceae* Y.P. Zhou & Y. Zhang *ter.*

1.3 葡萄座腔菌与锹冢葡萄座腔菌的致病性差异

葡萄座腔菌和锹冢葡萄座腔菌均可以侵染苹果枝干和果实, 但是在不同的文献中, 对症状描述存在明显的差异。小金泽硕城和佐久间勉 (1984) 接种实验显示 *B. berengeriana* (= *B. dothidea*) 从伤口侵入枝条引起溃疡病斑, 分生孢子无伤接种不发病, 而 *B. berengeriana* f. sp. *pyricola* (= *B. kuwatsukai*) 无伤分生孢子接种可以在皮孔周围形成疣状突起。陈策 (1993) 认为“溃疡病菌”可以从伤口和皮孔侵入, 伤口侵入发病较快, 皮孔侵入发病较慢; “轮纹病菌”以皮孔侵入为主, 以皮孔为中心疣状隆起, 后组织坏死,

表现为指甲大小溃疡斑。Xu *et al.* (2015) 采用菌饼无伤接种显示 *B. dothidea* 产生直径为 0.7–1.0 mm 的小瘤, 而 *B. kuwatsukai* 产生直径为 3.0–4.1 mm 的大瘤。Tang *et al.* (2012) 采用来自溃疡和瘤突的不同 “*B. dothidea*” 分离物接种, 也表现出大小不同的瘤突症状。一般认为干旱胁迫有利于 *B. dothidea* 引起的干腐症状的发生, 最近 Dong *et al.* (2021) 用来自 “瘤突的 *B. dothidea* 菌” 接种, 在水分胁迫条件下亦生产了溃疡症状, 可能意味着 *B. kuwatsukai* 也有可能引起干腐症状。大量研究都表明葡萄座腔菌 *B. dothidea* 和锹冢葡萄座腔菌 *B. kuwatsukai* 均可以引起果实的腐烂症状, 在一些苹果上表现为轮纹症状, 但是两种病原引起的症状没有差异 (小金泽硕城和佐久间勉 1984; 陈策 1993; Xu *et al.* 2015)。

2 我国苹果轮纹病病害名称建议

苹果轮纹病可以侵染果实和枝干, 引起的症状也有很大变化, 病原复杂多样, 病原菌的分类系统也在一直变化, 导致该病害的鉴定非常困难。在我国, 对该类病害的定义存在异议, 导致在不同专著中的描述差异很大。一些著作作为一种病害, 称为苹果轮纹病或苹果干腐病 (冷怀琼 1987; 方中达 1996; Tang *et al.* 2012; 侯明生和黄俊斌 2014; 国立耘等 2020), 或苹果和梨轮纹病 (高学文和陈孝仁 2018); 一些著作作为 2 种病害: 苹果轮纹病和苹果干腐病 (浙江农业大学等 1978; 中国农作物病虫害编委会 1979; 中国农业科学院果树研究所 1994; 刘克均 1996; 张志铭 1996; 中国农业科学院植物保护研究所 1996; 王江柱等 2018); 还有一些描述为 3 种病害, 分别为苹果轮纹病、苹果干腐病和果实轮纹病 (或轮纹烂果病) (江苏农科院植物保护系 1997; 王江柱和解金斗 2019; 鲁传涛 2021)。对病原学名的使用也较混乱, 如苹果干腐病的病原有贝林格葡萄座腔菌 *B. berengeriana*、贝克葡萄座腔菌

B. bakeri、葡萄座腔菌 *B. dothidea* 及茶蔗子葡萄座腔菌 *B. ribis* 等, 苹果轮纹病的病原有贝林格葡萄座腔菌梨生专化型 *B. berengeriana* f. sp. *piricola*、葡萄座腔菌 *B. dothidea*、轮纹大茎点 *M. kuwatsukai* 及梨生囊壳孢 *Physalospora piricola* 等(表 1)。

表 1 我国苹果轮纹病病害名称及病原拉丁学名使用情况
Table 1 Disease names of apple ring rot and Latin scientific names of pathogens used in China

著作名称 Literature	作者 Author	病害名称 Disease name	拉丁学名和汉语学名 Scientific name and Chinese name of the pathogen
《果树病理学》(1978) <i>Fruit tree pathology</i> (1978)	浙江农业大学等 Zhejiang Agricultural University, etc.	苹果干腐病 Apple Bot canker 苹果轮纹病 Apple ring rot	茶蔗子葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria ribis</i> 有性时期: 梨生囊壳孢 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《中国农作物病虫害(下册)》(1979) <i>Crop pests in China</i> (1979)	《中国农作物病虫害》 编辑委员会 Chinese Editorial Committee on Crop Pests and Diseases	苹果干腐病 Apple Bot canker 苹果轮纹病 Apple ring rot	茶蔗子葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria ribis</i> 有性时期: 梨生囊壳孢 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《果树病害》(1987) <i>Fruit tree diseases</i> (1987)	冷怀琼 Leng Huaiqiong	苹果轮纹病 Apple ring rot	有性时期: 梨生囊壳孢 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《中国果树病虫志》(1994) <i>Compendium of fruit tree pests in China</i> (1994)	中国农业科学院果树研究所 Institute of Fruit Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences	苹果干腐病 Apple Bot canker 苹果轮纹病 Apple ring rot	大茎点型 <i>Macrophoma</i> type 小穴壳型 <i>Dothiorella</i> type 轮纹大茎点 <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《中国农业植物病害》(1996) <i>Agricultural plant diseases in China</i> (1996)	方中达 Fang Zhongda	苹果干腐病 Apple Bot canker	葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria dothidea</i>
《中国农作物病虫害(下册)》(1996) <i>Crop pests in China</i> (1996)	中国农业科学院植物保护研究所 Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences	苹果干腐病 Apple Bot canker 苹果轮纹病 Apple ring rot	葡萄座腔菌属 <i>Botryosphaeria berengeriana</i> 轮纹大茎点 <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《中国农业百科全书 植物病理学卷》(1996) <i>Encyclopedia of Chinese agriculture-plant pathology</i> (1996)	张志铭 Zhang Zhiming	仁果干腐病 Pomaceous Bot canker	贝氏葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria bakeri</i> 葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria dothidea</i>

(待续)

(续表 1)

著作名称 Literature	作者 Author	病害名称 Disease name	拉丁学名和汉语学名 Scientific name and Chinese name of the pathogen
	刘克均 Liu Kejun	仁果轮纹病 Pomaceous ring rot	有性时期: 贝氏葡萄座腔菌梨专化型 Teleomorph: <i>Botryosphaeria berengeriana</i> f. sp. <i>piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点菌 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《植物病害诊断》(1997) <i>Plant disease diagnosis</i> (1997)	江苏农学院植物保护系 Plant Protection Department, Jiangsu Agricultural College	枝干干腐病 Trunk Bot canker	有性时期: 茶藨子葡萄座腔菌 Teleomorph: <i>Botryosphaeria ribis</i> 无性时期: 大茎点型 Anamorph: <i>Macrophoma</i> type
		枝干轮纹病 Trunk ring rot	有性时期: 梨生囊壳孢 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
		果实轮纹病 Fruit ring rot	有性时期: 梨生囊壳孢 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《农业植物病理学》(2014) <i>Agricultural plant pathology</i> (2014)	侯明生、黄俊斌 Hou Mingsheng, Huang Junbin	苹果轮纹病 Apple ring rot	有性时期: 贝伦格葡萄座腔菌梨生专化型 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 小穴壳菌 Anamorph: <i>Dothiorella gregaria</i>
《现代落叶果树病虫害诊断与防控原色图鉴》(2018) <i>Illustrated handbook of diagnosis and prevention of pests and diseases on deciduous fruit tree</i> (2018)	王江柱、王勤英、仇贵生 Wang Jiangzhu, Wang Qinying, Qiu Guisheng	苹果干腐病 Apple Bot canker	葡萄座腔菌 <i>B. dothidea</i>
		枝干轮纹病 Trunk ring rot	有性时期: 梨生囊壳孢 Teleomorph: <i>Physalospora piricola</i> 无性时期: 轮纹大茎点 Anamorph: <i>Macrophoma kuwatsukai</i>
《农业植物病理学》(2018) <i>Agricultural plant pathology</i> (2018)	高学文、陈孝仁 Gao Xuwen, Chen Xiaoren	苹果和梨轮纹病 Apple and pear ring rot	有性时期: 茶藨子葡萄座腔菌 Teleomorph: <i>Botryosphaeria dothidea</i> 无性态: 七叶树壳梭孢 Anamorph: <i>Fusicoccum aesculi</i>
《苹果高效栽培与病虫害看图防治》(2019) <i>High efficiency cultivation, disease and pest control of apple</i> (2019)	王江柱、解金斗 Wang Jiangzhu, Xie Jindou	干腐病 Bot canker	葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria dothidea</i>
		枝干轮纹病 Trunk ring rot	梨生囊壳孢 <i>Physalospora piricola</i>
		轮纹烂果病 Ring rot	梨生囊壳孢 <i>Physalospora piricola</i> 葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria dothidea</i>
《园艺植物病理学》(2022) <i>Horticultural plant pathology</i> (2022)	国立耘、刘凤权、黄丽丽 Guo Liyun, Liu Fengquan, Huang Lili	苹果、梨轮纹病 (苹果干腐病) Apple and pear ring rot (Bot canker)	葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria dothidea</i>
《果树病虫诊断与防治彩色图解》(2021) <i>Color diagram of the diagnosis and control of fruit tree diseases and pests</i> (2021)	鲁传涛 Lu Chuantao	苹果干腐病 Apple Bot canker	贝氏葡萄座腔菌 <i>Botryosphaeria berengeriana</i>
		苹果轮纹病 Apple ring rot	轮纹大茎点菌 <i>Macrophoma kuwatsukai</i>

在中国和日本, *B. dothidea* 和 *B. kuwatsukai* 两种病原均普遍存在, Xu *et al.* (2015) 研究显示, 在美国也存在两种病原菌。两种病菌侵染苹果果实, 都表现腐烂病症状, 没有明显差别; 在枝干上 *B. dothidea* 可以表现出溃疡症状, *B. kuwatsukai* 表现以瘤突为主, 但症状受环境条件影响较大, 症状常有交叉表现, 因此在田间自然条件下, 根据症状准确区别是哪种病原引起较困难。本研究室从溃疡或瘤突样本上均可以分离出 2 种病原菌(未发表), 显示自然条件下复合侵染现象普遍发生。一种病原侵染寄主不同组织器官表现不同症状, 在植物病害中非常普遍, 通常作为一种病害。随着对植物病害病原研究的不断深入, 一种病害由多种病原引起的现象也非常普遍。如小麦赤霉病病原有燕麦镰孢 *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.、禾谷镰孢 *F. graminearum* Schwabe 等 27 种镰孢菌(陆维忠等 2001)。已发现 10 种刺盘孢属真菌种可以引起苹果炭疽叶枯病(Velho *et al.* 2019; 戴蓬博等 2021)。苹果煤污病(sooty blotch and flyspeck complex)的病原多达 100 余种(Gleason *et al.* 2019)。目前在欧美国家, 将该类病害也作为一种“white rot (白腐病)”(Sutton *et al.* 2014)。基于这些原因, 我们建议该类病害作为一个多病原的复合病害, 病害汉语名称统称苹果轮纹病, 英文使用 apple ring rot。

3 存在问题与研究展望

葡萄座腔菌和锹冢葡萄座腔菌寄主范围差异很大。葡萄座腔菌寄主范围很宽, 寄主植物多达 280 余种, 引起杨树溃疡病、枣树干腐病、梨树轮纹病、猕猴桃果腐病及李树干腐病等, 相关寄主在田间都可能是苹果轮纹病的初侵染来源, 增加了其防治的难度(Marsberg *et al.* 2017; Wang *et al.* 2018)。锹冢葡萄座腔菌寄主范围较窄, 目前已知仅可侵害苹果、梨等少数寄主, 如引起梨树轮纹病(Gu *et al.* 2018; Xiao

et al. 2022)。建议在对苹果轮纹病发生规律、防治药剂筛选及抗病育种研究中, 关注 2 种病原菌致病性的差异、对不同杀菌剂的敏感性差异等。*B. dothidea* 可以引起溃疡症状、瘤状突起等不同症状, 这些差异是否与接种体类型、接种方法及接种的品种等相关, *B. kuwatsukai* 通常引起瘤突症状, 但在干旱胁迫下是否也可以导致枝干溃疡或干腐症状的产生等等有待进一步研究。抗病育种为防治多年生果树病害的重要途径, 由于两种病原菌在苹果上都普遍发生, 因此在抗病育种的靶标菌选择中, 对葡萄座腔菌和锹冢葡萄座腔菌都要充分重视。

由于 *B. dothidea* 和 *B. kuwatsukai* 的 ITS、ACT、tubulin 等片段的核苷酸差异很小, 对 2 个种的区别力不足, 因此对病原菌的多基因系统发育分析与鉴定中, 需要选择信息化差异基因, 如 *tef*、*His* 等。Wang *et al.* (2018) 测序并比较分析了 *B. dothidea* 和 *B. kuwatsukai* 全基因组序列, 发现后者丢失了一系列次级代谢合成关键酶、碳水化合物活性酶和植物细胞壁降解酶等致病相关基因, 为相关差异致病基因的功能研究提供一些指向, 建议加强相关差异致病功能基因及致病机制的解析。

苹果轮纹病引起疣皮症状, 大量疣状突起联合、树皮开裂最终表现“粗皮”症状。苹果树锰过剩也可以引起粗皮病, 称为苹果粗皮病(internal bark necrosis, IBN)或苹果生理粗皮病。苹果生理粗皮病多数在枝条的光滑表皮上形成疹状突起, 少量也在皮孔部位成疹状突起。粗皮病果园枝条韧皮部锰含量均超过 200 mg/kg, 个别达到 600 mg/kg 以上(徐圣友等 2008)。生理粗皮病在我国多发生于沿海地区, 山东胶东半岛发生较为严重, 该地区病原性粗皮也普遍发生。在苹果粗皮病防治过程中, 需要明确是锰毒害引起的生理性病害还是苹果轮纹病引起的病原性病害。锰过多是否会加重苹果轮纹病的发生也值得进一步深入研究。

[REFERENCES]

- Alves A, Correia A, Phillips AJL, 2006. Multi-gene genealogies and morphological data support *Diplodia cupressi* sp. nov., previously recognized as *D. pinea* f. sp. *cupressi*, as a distinct species. *Fungal Diversity*, 23: 1-15
- Barr ME, 1972. Preliminary studies on the Dothideales in temperate North America. *Contributions from the University of Michigan Herbarium*, 9: 523-638
- Brown EA, Britton KO, 1986. *Botryosphaeria* diseases of apple and peach in the southeastern United States. *Plant Disease*, 70: 480-484
- Chen C, 1993. Occurrence and control of canker rot and ring rot of apple. *Plant Protection Technology and Extension*, 1993(6): 11-12 (in Chinese)
- Chen C, 1999. Advance in the research of apple fruit ring rot. *Acta Phytopathologica Sinica*, 29(3): 193-198 (in Chinese)
- Chinese Editorial Committee on Crop Pests and Diseases, 1979. *Crop pests in China*. Agriculture Press, Beijing. 1571-1615 (in Chinese)
- Dai PB, Zhang R, Sun GY, 2021. A checklist of pathogenic fungi on apple in China. *Mycosystema*, 40(4): 936-964 (in Chinese)
- de Notaris G, 1863. *Sferiacei Italici*. Tipi del R.I. de' Sordo-Muti, Genova. 82-84
- Dong JH, Li BH, 2009. Research progress of apple ring rot disease. *Northern Fruits*, 2009(1): 1-2 (in Chinese)
- Dong XL, Cheng ZZ, Leng WF, Li BH, Xu XM, Lian S, Wang CX, 2021. Progression of symptoms caused by *Botryosphaeria dothidea* on apple branches. *Phytopathology*, 111(9): 1551-1559
- Fang ZD, 1996. *Agricultural plant diseases in China*. China Agriculture Press, Beijing. 314 (in Chinese)
- Fenner EA, 1925. A rot of apples caused by *Botryosphaeria ribi*. *Phytopathology*, 15: 230-234
- Gao XW, Chen XR, 2018. Ring rot of apple and pear. In: *Agricultural plant pathology*. 5th ed. China Agriculture Press, Beijing. 343-347 (in Chinese)
- Gleason ML, Zhang R, Batzer JC, Sun GY, 2019. Stealth pathogens: the sooty blotch and flyspeck fungal complex. *Annual Review of Phytopathology*, 57: 135-164
- Grossenbacher JG, Duggar BM, 1911. A contribution to the life-history, parasitism, and biology of *Botryosphaeria ribis*. *New York Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin*, 18: 114-188
- Gu XY, Zhao JM, Wang HK, Lin FC, Guo QY, Shrivastava N, Jeewon R, 2018. ATMT transformation efficiencies with native promoters in *Botryosphaeria kuwatsukai* causing ring rot disease in pear. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 34: 179
- Guo LY, Li JY, Li BH, Zhang XZ, Zhou ZQ, Li GX, Wang YZ, Li XJ, Huang LL, Sun GY, Wen YD, 2009. Investigation on the occurrence and chemical control of *Botryosphaeria* canker of apple in China. *Plant Protection*, 35(4): 120-123 (in Chinese)
- Guo LY, Liu FQ, Huang LL, 2020. *Horticultural plant pathology*. 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 233-236 (in Chinese)
- Hou MS, Huang JB, 2014. *Agricultural plant pathology*. Science Press, Beijing. 346-349 (in Chinese)
- Hu QY, Hu TL, Wang YN, Wang ST, Cao KQ, 2016. Survey on the occurrence and distribution of apple diseases in China. *Plant Protection*, 42(1): 175-179 (in Chinese)
- Institute of Plant Protection of CAAS, 1996. *Crop pests in China*. 2nd ed. China Agriculture Press, Beijing. 647-661 (in Chinese)
- Jing XF, Chuan GY, Li XZ, 1963. Studies on the occurrence and control of trunk rot of apple tree. *Journal of Plant Protection*, 2(2): 217-220 (in Chinese)
- Leng HQ, 1987. *Fruit tree diseases*. Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. 170-171 (in Chinese)
- Li BH, Wang CX, Dong XL, 2013. Research progress in apple diseases and problems in the disease management in China. *Plant Protection*, 39(5): 46-54 (in Chinese)
- Liu KJ, 1996. Pome fruits ring rot. In: *Encyclopedia of Chinese agriculture: plant pathology*. Agriculture Press, Beijing. 368 (in Chinese)
- Lu CT, 2021. Color diagram of the diagnosis and control of fruit tree diseases and pests. China Agricultural Science and Technology Press, Beijing. 1-63 (in Chinese)
- Lu WZ, Cheng SH, Wang YZ, 2001. *Study on wheat scab*. Science Press, Beijing. 1-229 (in Chinese)
- Marsberg A, Kemler M, Jami F, Nagel JH, Postma-Smidt A, Naidoo S, Wingfield MJ, Crous PW, Spatafora JW, Hesse CN, Robbertse B, Slippers B, 2017. *Botryosphaeria dothidea*: a latent pathogen of global importance to woody plant health. *Molecular Plant Pathology*, 18: 477-488
- Nose T, 1933. On the ring rot of pears and the causal organism, especially on its perfect generation *Physalospora piricola* n. sp. *The Annual of Agricultural Experimental Station Chosen*, 7: 156-163
- Phillips AJL, Alves A, Abdollahzaden J, Slippers B, Wingfield MJ, Groenewald J, 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*, 76: 51-167
- Plant Protection Department, Jiangsu Agricultural College, 1997. *Plant disease diagnosis*. Agriculture Press, Beijing. 448-449 (in Chinese)
- Putterill VA, 1919. A new apple tree canker. *South African Journal of Science*, 16: 258-271
- Research Institute of pomology of CAAS, 1994. *Compendium of*

- fruit tree pests in China. China Agriculture Press, Beijing. 7-12 (in Chinese)
- Shear CL, Steven NE, Wilcox MS, 1925. *Botryosphaeria* and *Physalospora* on currant and apple. Journal of Agricultural Research, 28: 589-598
- Slippers B, Crous PW, Denman S, Coutinho TA, Wingfield BD, Wingfield MJ, 2004. Combined multiple gene genealogies and phenotypic characters differentiate several species previously identified *Botryosphaeria dothidea*. Mycologia, 96: 83-101
- Slippers B, Roux J, Wingfield MJ, van der Walt FJ, Jami F, Mehl JWM, Marais G, 2014. Confronting the constraints of morphological taxonomy in the Botryosphaerales. Persoonia, 33: 155-168
- Smith HE, Crous PW, Wingfield MJ, Coutinho TA, Wingfield BD, 2001. *Botryosphaeria eucalyptorum* sp. nov., a new species in the *B. dothidea*-complex on *Eucalyptus* in South Africa. Mycologia, 93: 277-285
- Sutton TB, Aldwinckle HS, Agnello AM, Walgenbach JF, 2014. Compendium of apple and pear diseases and pests. 2nd ed. APS Press, Saint Paul. 1-224
- Tang W, Ding Z, Zhou ZQ, Wang YZ, Guo LY, 2012. Phylogenetic and pathogenic analyses show that the causal agent of apple ring rot in China is *Botryosphaeria dothidea*. Plant Disease, 96: 486-496
- Velho AC, Stadnik M, Wallhead M, 2019. Unraveling *Colletotrichum* species associated with Glomerella leaf spot of apple. Tropical Plant Pathology, 44: 197-204
- von Arx JA, Muller E, 1954. Die Gattungen der amerosporen Pyrenomyceten. Beitr Kryptogamenfl Schweiz, V11. B  chler, Bern. 1-434
- von Arx JA, Muller E, 1975. A re-evaluation of the bitunicate Ascomycetes with keys to families and genera. Studies in Mycology, 9: 1-159
- Wang B, Liang XF, Gleason ML, Zhang R, Sun GY, 2018. Comparative genomics of *Botryosphaeria dothidea* and *B. kuwatsukai*, causal agents of apple ring rot, reveals both species expansion of pathogenicity-related genes and variations in virulence gene content during speciation. IMA Fungus, 9: 243-257
- Wang B, Liang XF, Hao XJ, Dang H, Hsiang T, Gleason ML, Zhang R, Sun GY, 2021. Comparison of mitochondrial genomes provides insights into intron dynamics and evolution in *Botryosphaeria dothidea* and *B. kuwatsukai*. Environmental Microbiology, 23: 5320-5333
- Wang JZ, Wang QY, Qiu GS, 2018. Illustrated handbook of diagnosis and prevention of pests and diseases on deciduous fruit tree. Chemical Industry Press, Beijing. 34-40 (in Chinese)
- Wang JZ, Xie JD, 2019. High efficiency cultivation, disease and pest control of apple. 2nd ed. Chemical Industry Press, Beijing. 177-182 (in Chinese)
- Xiao F, Xu WX, Hong N, Wang LP, Zhang YL, Wang GP, 2022. A secreted lignin peroxidase required for fungal growth and virulence and related to plant immune response. International Journal of Molecular Sciences, 23: 6066
- Xu C, Wang CS, Ju L, Zhang R, Biggs AR, Tanaka E, Li BZ, Sun GY, 2015. Multiple locus genealogies and phenotypic characters reappraise the causal agents of apple ring rot in China. Fungal Diversity, 71: 215-231
- Xu SY, Zhang FS, Wang H, Jiang XL, 2008. Effects of environmental factors on internal bark necrosis of apple trees. Journal of Fruit Science, 25(1): 73-77 (in Chinese)
- Yamamoto W, 1961. Species of the genera of *Glomerella* and *Guignardia* with special reference to their imperfect stages. Scientific Reports of Hyogo University Agriculture, 5(1): 1-12 (in Japanese)
- Zhang W, Groenewald JZ, Lombard L, Schumacher RK, Phillips AJL, Crous PW, 2021. Evaluating species in Botryosphaerales. Persoonia, 46: 63-115
- Zhang Y, Zhou YP, Sun W, Zhao LL, Pavlic-Zupanc D, Crous PW, Slippers B, Dai YC, 2021. Toward a natural classification of Botryosphaeriaceae: a study of the type specimens of *Botryosphaeria sensu lato*. Frontiers of Microbiology, 12: 737541
- Zhang ZM, 1996. Pome fruits canker. In: Encyclopedia of Chinese agriculture-plant pathology. Agriculture Press, Beijing. 365 (in Chinese)
- Zhejiang Agricultural University, Hebei Agricultural University, Sichuan Agricultural College, Shandong Agricultural College, 1978. Fruit tree pathology. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai. 81-84 (in Chinese)
- Zhou YP, Zhang M, Dou ZP, Zhang Y, 2017. *Botryosphaeria rosaceae* sp. nov. and *B. ramosa*, new botryosphaeriaceous taxa from China. Mycosphere, 8(2): 162-171

[附日文参考文献]

- 北岛博, 1989. 果树病害各论. 东京: 养贤堂. 256-261
- 小金泽硕城, 佐久间勉, 1980. リンコ粗皮病及びいば皮病病斑より分離てれる糸状菌. (日本) 果树试验场报告 C, 7: 83-99
- 小金泽硕城, 佐久间勉, 1984. リンコ果实腐敗症の病原菌について. (日本) 果树试验场报 C, 11: 49-62

[附中文参考文献]

- 陈策, 1993. 苹果干腐病和轮纹病的发生与防治. 植保技术与推广, 1993(6): 11-12
- 陈策, 1999. 苹果果实轮纹病研究进展. 植物病理学报, 29(3): 193-198
- 戴蓬博, 张荣, 孙广宇, 2021. 中国苹果病害病原菌物名录. 菌物学报, 40(4): 936-964
- 董娟华, 李保华, 2009. 苹果轮纹病的研究进展. 北方果

- 树, 2009(1): 1-2
- 方中达, 1996. 中国农业植物病害. 北京: 中国农业出版社. 314
- 高学文, 陈孝仁, 2018. 苹果和梨轮纹病. 农业植物病理学(第五版). 北京: 中国农业出版社. 343-347
- 国立耘, 李金云, 李保华, 张新忠, 周增强, 李广旭, 王英姿, 李晓军, 黄丽丽, 孙广宇, 文耀东, 2009. 中国苹果枝干轮纹病发生和防治情况. 植物保护, 35(4): 120-123
- 国立耘, 刘凤权, 黄丽丽, 2020. 园艺植物病理学(第三版). 北京: 中国农业出版社. 233-236
- 侯明生, 黄俊斌, 2014. 农业植物病理学. 北京: 科学出版社. 346-349
- 胡清玉, 胡同乐, 王亚南, 王树桐, 曹克强, 2016. 中国苹果病害发生与分布现状调查. 植物保护, 42(1): 175-179
- 江苏农学院植物保护系, 1997. 植物病害诊断. 北京: 农业出版社. 448-449
- 景学富, 椽国诱, 李学章, 1963. 苹果干腐病发生与防治. 植物保护学报, 2(2): 217-220
- 冷怀琼, 1987. 果树病害. 成都: 四川科学技术出版社. 170-171
- 李保华, 王彩霞, 董向丽, 2013. 我国苹果主要病害研究进展与病害防治中的问题. 植物保护, 39(5): 46-54
- 刘克均, 1996. 仁果轮纹病. 中国农业百科全书·植物病理学卷. 北京: 农业出版社. 368
- 鲁传涛, 2021. 果树病虫诊断与防治彩色图解. 北京: 中国农业科学技术出版社. 1-63
- 陆维忠, 程顺和, 王裕中, 2001. 小麦赤霉病研究. 北京: 科学出版社. 1-229
- 王江柱, 王勤英, 仇贵生, 2018. 现代落叶果树病虫害诊断与防控原色图鉴. 北京: 化学工业出版社. 34-40
- 王江柱, 解金斗, 2019. 苹果高效栽培与病虫害看图防治(第二版). 北京: 化学工业出版社. 177-182
- 徐圣友, 张福锁, 王贺, 姜学龄, 2008. 环境因子对苹果粗皮病发生的影响. 果树学报, 25(1): 73-77
- 张志铭, 1996. 仁果干腐病. 中国农业百科全书·植物病理学卷. 北京: 农业出版社. 365
- 浙江农业大学, 河北农业大学, 四川农学院, 山东农学院, 1978. 果树病理学. 上海: 上海科学技术出版社. 81-84
- 中国农业科学院果树研究所, 1994. 中国果树病虫志. 北京: 中国农业出版社. 7-12
- 中国农业科学院植物保护研究所, 1996. 中国农作物病虫害(第二版). 北京: 中国农业出版社. 647-661
- 中国农作物病虫害编辑委员会, 1979. 中国农作物病虫害. 北京: 农业出版社. 1571-1615