林业科学研究 2014,27(5):689～696
*Forest Research*

**文章编号**:1001-1498(2014)05-0689-08

# 柿果生理性病害顶腐病发病规律调查研究

邓全恩[1], 龚榜初[1*], 吴开云[1], 丁 榆[2], 杨 勇[3], 陈学初[4], 江锡兵[1], 邱有尚[2]

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所,浙江 富阳 311400; 2. 云南省保山市隆阳区果树蔬菜技术推广站,云南 保山 678000; 3. 西北农林科技大学,陕西 杨凌 712100; 4. 广西恭城瑶族自治县农业局水果站,广西 恭城 542500)

**摘要**:以广西、山西、陕西、云南不同树龄的涩柿品种'恭城水柿'、甜柿品种'阳丰'和'次郎'为材料,调查柿果顶腐病发生时期、病害症状及落果时间,柿果顶腐病与果园立地、树龄、树势等因素的关系。结果表明:柿果顶腐病发生在柿果膨大、转色期;发病部位在果实中上部;'恭城水柿'和'阳丰'柿果的病害始发部位是顶部果皮或少许皮下果肉,由外而内发病,而'次郎'是内部果肉先发病,病害由内而外扩展。'恭城水柿'、'次郎'病果软化速度较快,'阳丰'软化较慢,病果集中落果时间分别为症状初现后的15、20、35 d左右;树势弱的柿园发病重;'恭城水柿'平地柿园较山地柿园发病重;'次郎'、'阳丰'病果率和树体结果量呈极显著负相关,相关系数分别为-0.872、-0.895;'阳丰'、'次郎'病果比一般健果大,树冠上层发病较下层重,外侧发病较内部重。调查结果为进一步研究柿果顶腐病病因及制定防治方法提供了科学依据。

**关键词**:柿;生理性病害;顶腐病;发病规律

**中图分类号**:S763 **文献标识码**:A

# Survey and Study on Occurrence Regularity of Persimmon Fruits Disorder Top Rot Disease

*DENG Quan-en*[1], *GONG Bang-chu*[1], *WU Kai-yun*[1], *DING Yu*[2], *YANG Yong*[3], *CHEN Xue-chu*[4], *JIANG Xi-bing*[1], *QIU You-shang*[2]

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. Fruit and Vegetable Technical Promotion Station of Longyang District of Baoshan City, Baoshan 678000, Yunnan, China; 3. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 4. Fruit Station of Gongcheng Yao Autonomous County Agriculture Bureau, Gongcheng 542500, Guangxi, China)

**Abstract**: Taking different aged persimmon varieties of 'Gongchengshuishi' (PCA cultivar), 'Youhou' and 'Jiro' (PCNA cultivar) from Guangxi Zhuang Autonomous Region, Shanxi Province, Shaanxi Province and Yunnan Province as material, the occurrence time, disease symptoms, fruit drop time of persimmon fruit top rot disease, and the relationship between the disease and orchard site, tree age and other factors were investigated. The results showed that the disease occurred in veraison stage. The originating site of the disease of 'Gongchengshuishi' and 'Yoho' fruits was on the top of a little skin peel or pulp, then developed from outside to inside, while in 'Jiro' it started from flesh, developed from inside to outside. The speed of turning soft of infected fruits of 'Gongchengshuishi' and 'Jiro' were faster than those of 'Youhou'. The sick fruits of 'Gongchengshuishi', 'Jiro' and 'Youhou' dropped respectively in 15, 20, 35 days after the appearance of the disease. The disease was more serious in weak trees. For 'Gongchengshuishi', the disease of orchards in flat area was more serious than in orchards in

收稿日期: 2014-03-27
基金项目: 农业部公益性行业科研专项项目"现代柿产业关键技术研究与试验示范"(201203047)
作者简介: 邓全恩(1987-),男,河南商丘人,在读硕士研究生,主要从事经济林育种及栽培研究.
* 通讯作者:研究员,从事经济林育种及栽培研究. E-mail:gongbc@126.com

mountains. A strong negative relation was found between the disease and fruits amount of tree of 'Youhou' and 'Jiro', the correlation coefficients were: −0.872 and −0.895. The infected fruits of 'Youhou' and 'Jiro' were bigger than the healthy ones. For 'Youhou' and 'Jiro', the disease was more serious in upper and external canopy than lower and internal parts.

**Key words**: persimmon; physiological disease; top rot disease; occurrence regularity

柿(*Diospyros kaki* Thunb.)为柿科(Ebenaceae)柿属(*Diospyros* L.)落叶乔木或灌木,生态幅广、适应性极强,一年栽多年受益,是山区脱贫致富的重要树种。广西壮族自治区恭城县、平乐县及桂林周边广泛栽培涩柿品种'恭城水柿',种植面积超过2.5万 $hm^2$,年产量45万t,产值7亿多元,是当地的支柱产业;然而,近年来柿果顶腐病发生严重,柿园减产10%～30%。该病主要危害柿果,发病果实顶部变黑,快速软化落果,失去商品价值。据作者调查,除广西外,该病在山西、陕西、云南、河北等地栽培的甜柿品种'阳丰'、'次郎'上也严重发生,2012年云南保山隆阳区533.3 $hm^2$'次郎'柿园,发病率达50%～80%,许多柿园绝收;陕西眉县66.7 $hm^2$'阳丰'柿园发病率10%左右,山西曲沃县13.3 $hm^2$'次郎'、'阳丰'柿园发病率达60%～80%。该病严重影响了我国柿产业的健康发展,是目前柿子生产中亟待解决的问题。

生理病害是指由非病原性微生物引起的病害,其致病因素通常为一些不良的环境条件,如土壤理化性质差[1]、养分的缺乏或过量[2-3]、不良的气候[4]、大气污染[5]等。作者及全金成等[6]对柿果顶腐病发病部位进行病原检测,未检测到病原菌,该病大规模发病,无明显发病中心,确定是生理性病害。国外未见关于该病的报道,国内对该病研究也很少,目前引起该生理性病害的病因尚不清楚,有报道认为该病发生主要因为缺钙[7],也有报道认为是缺硼[6,8],还有报道认为该病和钙、硼都有关系[9],但都缺少充分的研究佐证。本文主要以涩柿'恭城水柿'、甜柿'阳丰'和'次郎'为试验材料,对柿果顶腐病发生发展规律、病害发生与生态环境因子的关系进行了调查,以期为进一步研究柿果顶腐病致病因子及制定较为有效的防治方法提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2012、2013年9—11月在广西恭城县(110°49′42.25"E,24°49′53.33"N)、平乐县(110°38′35.91"E,24°38′0.32" N)的36个'恭城水柿'柿园调查涩柿顶腐病,柿园土壤为红壤,pH值为3～6,地形为山地、平地,树龄为6～15 a,株行距为3.5 m×4 m。2012、2013年8—10月在云南保山市飞机场附近(110°38′35.91" E,25° 6′38.05" N)、山西曲沃县(111°28′33.13" E,35°38′28.16" N)、陕西眉县(107°44′59.49" E,34°16′24.67" N)共10个'阳丰'、'次郎'柿园调查甜柿顶腐病。云南保山飞机场附近柿园为棕壤,pH值为5～7,'次郎'树龄为3～10 a,株行距为3 m×4 m;陕西眉县、山西曲沃县柿园为棕壤,pH值为7～8,'次郎'树龄为8 a,'阳丰'树龄为3、7、8 a,株行距为3.5 m×4 m。

### 1.2 试验方法

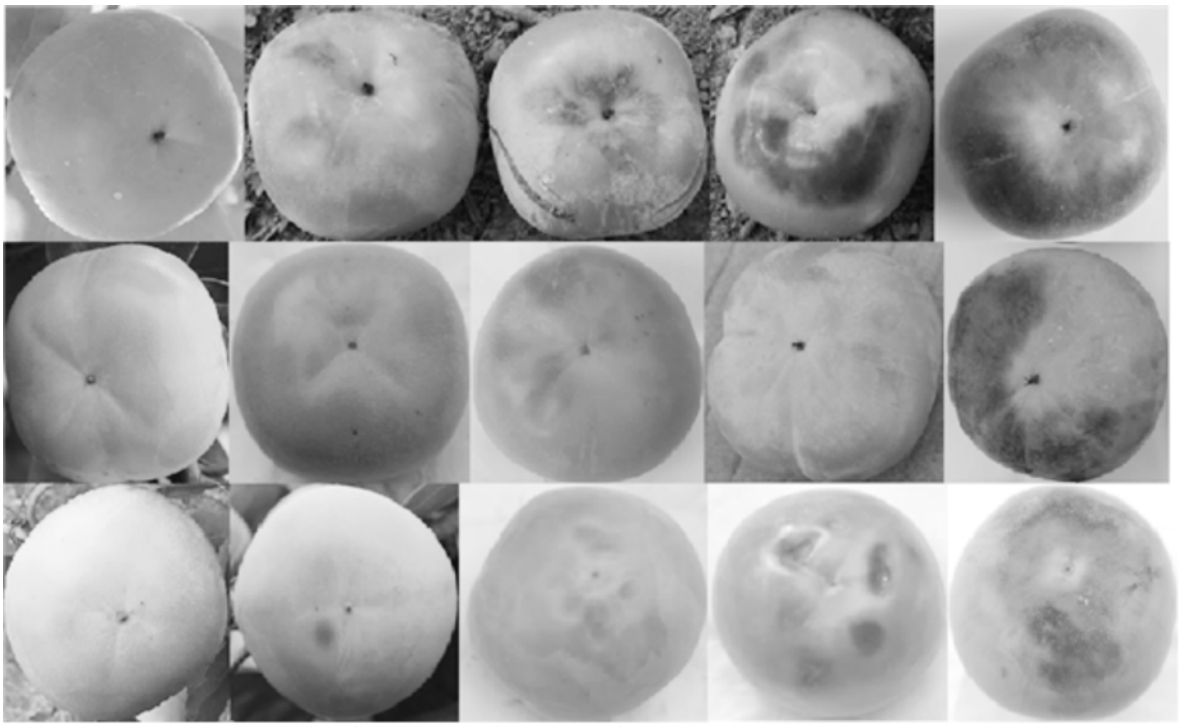
1.2.1 *发病柿果生长发育状态调查* (1)'次郎'、'阳丰'柿果生长规律:分别从5月下旬、6月上旬开始在云南保山'次郎'柿园、陕西'阳丰'柿园定果观察,每个柿园定果30个,历时3个月左右,每隔10～15 d测定果实的横径、纵径及质量,记录柿果生长规律。结合往年顶腐病发病时期,确定发病时柿果所处的生长发育阶段。(2)'恭城水柿'、'阳丰'、'次郎'顶腐病柿果转色情况:在调查的46个柿园,每个柿园随机选取约15株树,在每株树冠的中上部四周随机选择大小中等、刚开始发病的4～6个果实,记录发病果实的着色情况。

1.2.2 *柿果顶腐病病害症状观察* 在广西恭城县西岭乡、平安镇4个'恭城水柿'果园,山西曲沃县3个'次郎'、'阳丰'柿园,陕西眉县1个'阳丰'柿园,云南保山市飞机场附近3个'次郎'柿园取样调查,每个柿园采集不同病级(病级划分标准参照后文)的果实各30个以上,观察病斑形状、颜色、质地,切开果实观察果实内部变化并拍照,用游标卡尺测量病斑大小。

1.2.3 *病果病级变化和落果动态观察* 在广西恭城县西岭乡'恭城水柿'柿园,山西曲沃县'次郎'、'阳丰'柿园,每个品种随机选择50株病树,在每株病树树冠中部外侧东、南、西、北4个方向各随机标记病级为Ⅰ级的柿果1个,每个品种标记病果200

个。每隔 5 ～10 d 观测记录病害果实的病级变化,记录软化脱落果实数,每次记录后清理地上的落果,记录时间为 42 d。

1.2.4　柿果顶腐病病株率、病果率、病情指数调查　在广西恭城县、平乐县 20 个‘恭城水柿’柿园,山西曲沃县 3 个‘次郎’、‘阳丰’柿园,于发病高峰期调查柿园发病情况。(1)病株率:柿树株数不超过 100 株的柿园全部调查,超过 100 株不超过 200 株的柿园按 S 型路线随机选择 100 株左右调查病株率,超过 200 株的柿园,作为 2 ～4 次重复调查,每个重复调查 100 株。(2)病果率:每个柿园随机选择 30 株生长中等的柿树调查病果率,10 年生以下的柿树调查整株病果率,10 年生以上的柿树调查 1 个或几个大枝(枝上果数 50 个以上)上的病果率。(3)病情指数:每个柿园随机选择 5 株柿树调查病级,小树调查整株果实的病级,大树调查 1 个枝(枝上果数 10 个以上)上的所有果实病级。结合发病情况和实际操作可行性,病级划分标准为:完全无病斑为 0 级,病斑面积占果实面积比例 0% ～5% 为 I 级,5% ～15% 为 II 级,15% ～25% 为 III 级,25% 以上为 IV 级(图 1),I、II、III、IV 级所对应的代表值分别为 1、2、3、4。对于由内向外发病的‘次郎’品种调查病果率及病等级时,统一由果实外部病症确定。病情指数 = 100 × ∑(各级病果数 × 各级代表值)/(调查总果数 × 最高级代表值)。



从上至下分别为‘恭城水柿’、‘次郎’、‘阳丰’;每行从左至右病级分别为 0、I、II、III、IV 级

图 1　柿果顶腐病病级划分

1.2.5　‘阳丰’、‘次郎’树体结果量及果实大小与顶腐病发生关系调查　在树体参数相似的 7 年生、10 年生的 3 个‘阳丰’、‘次郎’柿园内,分不同结果量分别调查病果率,每类结果量 3 次重复,每个重复调查 40 株;每个柿园 3 次重复调查健康、发病果实大小,每个重复分别调查发病、健康果实各 70 个,调查果实分布于树冠的中部外侧,每株柿树随机选果 4 ～8 个。

1.2.6　树冠不同部位发病率调查　在上述 3 个‘阳丰’、‘次郎’柿园内,将树冠分为上下 2 层,分别统计病果率并记录总病果数;设枝条上的果实数为 $n$,从枝条的外侧向内数,若病果是第 $\leqslant n/2$ 个,则记为在枝条的外侧,根据此方法,记录枝条外侧病果数,统计枝条外侧病果数占总病果的比例。每个柿园 3 次重复,每个重复调查 30 株柿树,小树整株调查,大树调查上下层病果率时整株调查,调查枝条外侧病果数时,可以随机选取不同方向的 8 ～12 个结果枝(枝上果数 2 个以上)调查。

### 1.3　数据处理

应用 Microsoft Excel 2007 软件和 SPSS 19.0 软件对数据进行处理和制表、制图等。

## 2 结果与分析

### 2.1 柿果顶腐病发病时期

2.1.1 ‘次郎’、‘阳丰’柿果生长规律与病害始发期 云南保山‘次郎’、陕西‘阳丰’柿果观察结果(图2)表明:‘次郎’、‘阳丰’柿果的横径、纵径、果实质量都随着时间的增长,柿果横径增长速度大于纵径,果实的横径、纵径及果实质量的增加速率基本都呈现出增加、下降和再增加、再下降的双高峰趋势。柿果纵径、横径变化规律较一致,果实质量的变化规律与径值的不完全一致。‘次郎’、‘阳丰’果实在8月上旬开始第2次快速生长,结合作者实地调查及当地果农对往年病情的记录,柿果顶腐病始发时间为图中两竖线之间时间段,说明甜柿顶腐病发生在果实近熟期的快速膨大阶段。

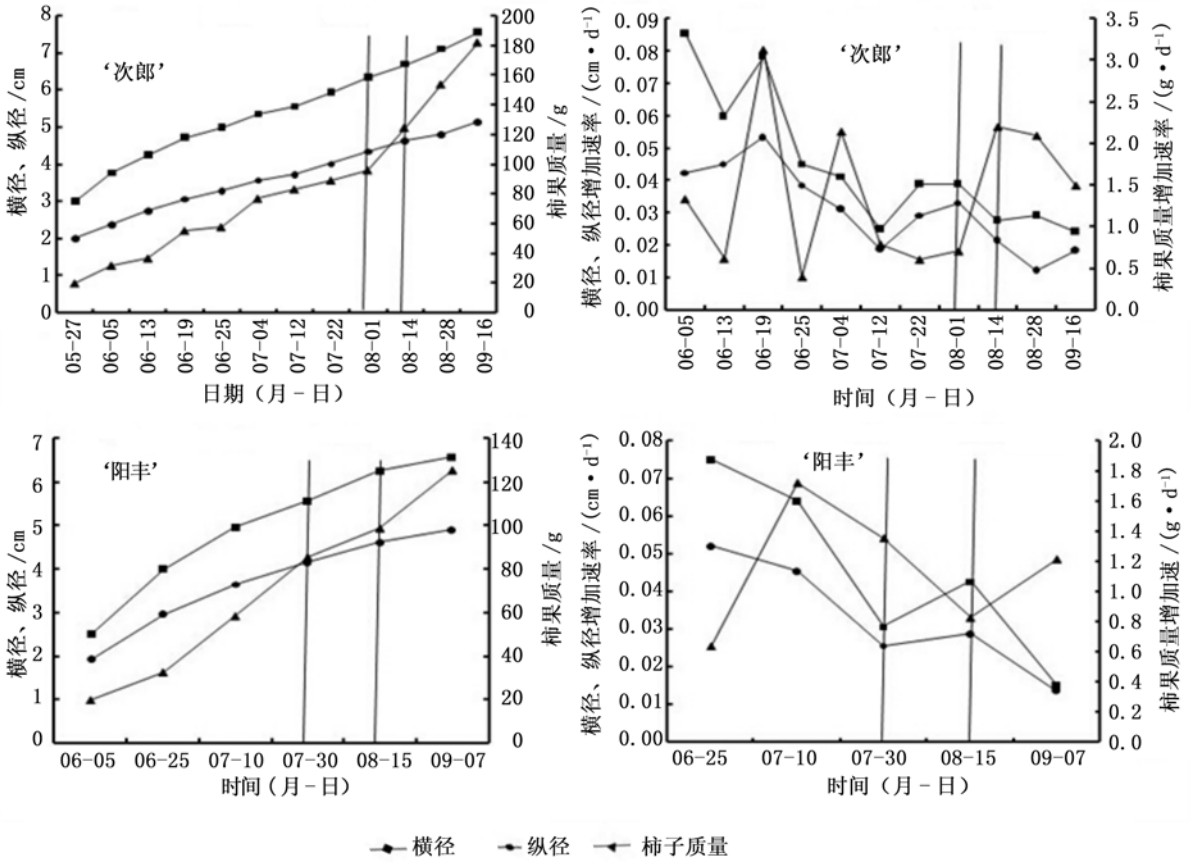



图2 ‘阳丰’、‘次郎’柿果横径、纵径及果实质量变化曲线

2.1.2 ‘恭城水柿’、‘次郎’、‘阳丰’病果始发期成熟度调查 2012、2013年8月至10月份,在‘恭城水柿’、‘阳丰’、‘次郎’3个柿品种共46个柿园调查记录3 004个发病果实,其中,2 936个柿果颜色开始由青转黄,68个柿果颜色较青(图3);未转色比例最大的柿品种为‘恭城水柿’,‘次郎’次之,‘阳丰’最小。

结合上述观察可看出:柿果顶腐病发生在柿果第2次膨大期,此时柿子开始转色。可能和柿果膨大有关,果实顶部对营养的需求量较中下部多且果实接近成熟时开始产生乙烯,若营养供应不足或受不良气候及空气污染等逆境条件,就会有病害表现。

### 2.2 柿果顶腐病病害症状

通过2012、2013连续2年在广西、山西、陕西、云南46个柿园采样、观察、测量和分析,总结得出3个柿品种果实顶腐病病害发生症状(表1)。3个柿品种果实病害表现不尽相同,‘恭城水柿’、‘阳丰’由外向内发病,‘次郎’由内向外发病;‘恭城水柿’、‘次郎’外部病斑不凹陷,‘阳丰’外部病斑凹陷;‘恭城水柿’、‘阳丰’、‘次郎’顶腐病发展到中后期果实开始变软,一般从柿果种子附近开始出现水渍化进而蔓延到整个果实(图4)。

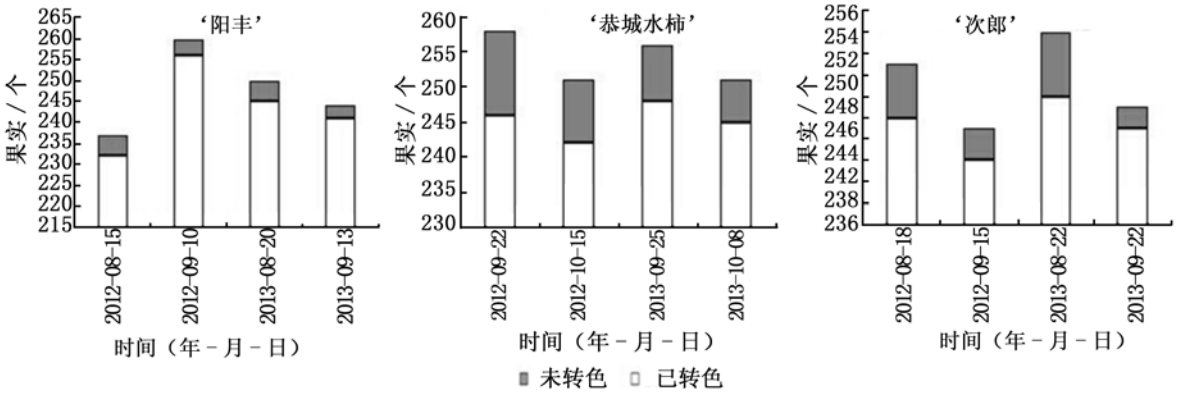



图 3　3 个柿品种病果成熟度调查

**表 1　3 个柿品种果实顶腐病病害特征**

| 品种 | 病害起始部位 | 病斑凹陷程度 | 病斑形状 | 病斑颜色 | 病斑大小 | 病害发生进程 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ‘恭城水柿’ | 顶部果皮（a、b、c） | 不凹陷（a、b） | 连片分布（a） | 开始果顶果皮着色不均匀，后为黑色 | 大小不一，初现时为小黑点，大可布满整个果顶 | 病斑一般由小变大，覆盖果顶，个体差别大，个别小块病斑就会落果，后期果肉栓化呈灰黑色（d），果肉上面有黑色纤维状物质，果实呈异常鲜红色 |
| ‘阳丰’ | 顶部果皮及少许皮下果肉（f） | 凹陷深度为 1～2 mm（e） | 点状、环状（e） | 开始果皮出现灰色病斑 | 环带内圆半径为 5～15 mm，环带宽为 5～10 mm，单个病斑为圆形或近圆形，直径为 1～3 mm(e) | 初发时果皮出现灰色斑点，逐渐斑点变大、连成片、凹陷，个别斑点不变大直至软化落果，果肉呈灰黑色，中间有空洞，相比‘恭城水柿’和‘次郎’，‘阳丰’病害部位较干燥（g），果顶颜色明显比下部偏红（h） |
| ‘次郎’ | 中上部果肉（纵切观察，发病点分布在靠近果顶的 1/3 范围内）（k、l） | 不凹陷（i、j、k） | 点状、片状（i、j） | 开始果肉出现灰色斑点，后期果实顶部果皮出现黑色病斑 | 不规则的成片病斑，直径 1～6 cm，斑点直径为 0.4～0.9 cm（i、j） | 开始果肉内出现灰色斑点，而果实外观没有任何异常变化，后病斑变大，蔓延至果顶果皮，逐渐使果皮变黑软腐，果肉变成灰黑色，有时出现黑色硬核(l) |

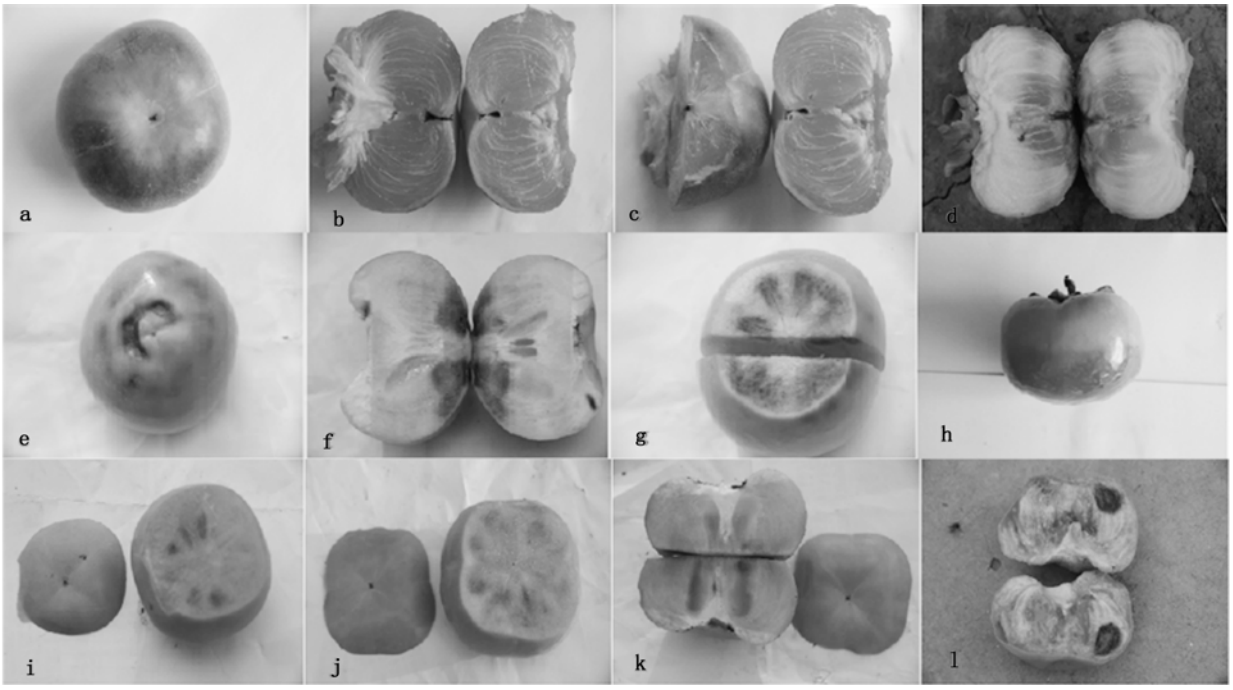
注：表中小括号内字母代表图 4 中的病果照片。

### 2.3　病果病级变化及落果动态

由图 5 可以看出：‘恭城水柿’I 级病果转变到 II 级大概需要 3～5 d，II 级病果转变为 III 级需要 4～6 d，III 级病果转变为 IV 级需要 3～4 d，部分果实病级转变较慢，大部分果实 III、IV 级时开始落果，有些果实 II、III 级就会落果，部分 I 级脱落的果实类似普通生理落果。‘阳丰’病果病级转变较慢，I 级病果转变到 II 级大概需要 10～15 d，II 级病果转变为 III 级需要 10～15 d，III 级病果转变为 IV 级需要 5～10 d，部分果实 IV 级时开始落果，少有 I、II 级脱落的病果。‘次郎’病果病级转变类似于‘恭城水柿’，但比‘恭城水柿’快，I 级病果转变到 II 级大概需要 3～5 d，II 级病果转变为 III 级需要 5～7 d，III 级病果转变为 IV 级需要 3～5 d，大部分果实 III、IV 级时开始落果，部分 I、II 级病果脱落。由柿品种病果落果曲线可以看出：‘恭城水柿’病情进展较快，从初现病斑到大量落果仅需 20 d 左右；‘阳丰’病情进展较慢，该过程需要 30～40 d 左右；‘次郎’从初现病斑到大量落果为 15 d 左右，但其从果实内部开始发病，所以实际转变过程比记录要长。这可能和柿品种对逆境条件的敏感性有关。

### 2.4　柿果顶腐病发生与树龄、品种、立地等的关系

2.4.1　柿果顶腐病与品种的关系　目前，柿果顶腐病主要在‘恭城水柿’、‘阳丰’、‘次郎’上发生，广西种植的‘牛心柿’轻微发病，山西曲沃县种植的涩柿不发病。比较‘次郎’、‘阳丰’可以看出(表 2)：‘阳丰’发病比‘次郎’重。比较病株率、病果率变异系数可以看出：‘恭城水柿’变异较大，这可能是种植范围较大，果农管理措施不同造成的，‘阳丰’、‘次郎’种植面积小且管理比较一致，所以变异不大。比较病情指数变异系数，3 个柿品种变异都较大，说明不同柿园病情指数调查结果差异较大，可能是品种内病害发生的早晚不同造成的，病害早发生的柿园病情指数较高。




a～d为‘恭城水柿’;e～h为‘阳丰’;i～l为‘次郎’

图4 不同品种柿果顶腐病病害症状

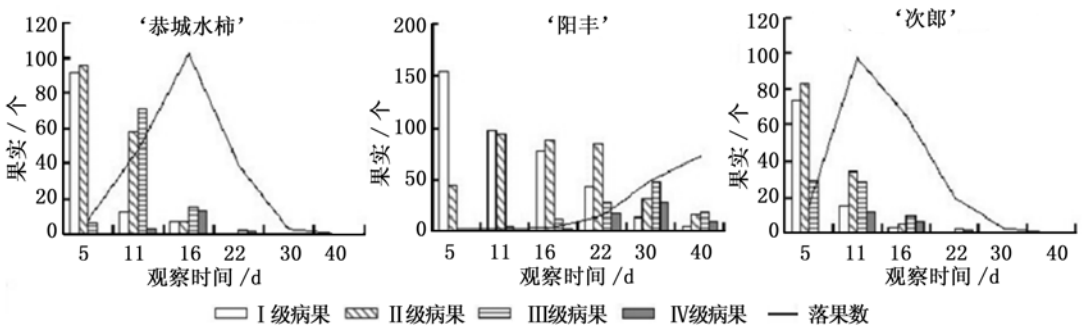



图5 不同品种柿病果病级变化及落果观察

**表2 不同品种柿果顶腐病病情指标**

| 品种 | 调查地点 | 调查面积/$hm^2$ | 病情指标 | 平均值/% | 标准差/% | 最大值/% | 最小值/% | 变异系数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ‘恭城水柿’ | 广西恭城县、平乐县 | 6.67 | 病株率 | 62.0 | 23.12 | 100.0 | 15.4 | 0.37 |
| | | | 病果率 | 7.9 | 0.83 | 30.8 | 1.0 | 0.10 |
| | | | 病情指数 | 5.92 | 8.36 | 25.63 | 0.54 | 1.40 |
| ‘阳丰’ | 山西曲沃县 | 6 | 病株率 | 88.1 | 5.48 | 100.0 | 80.4 | 0.06 |
| | | | 病果率 | 20.8 | 1.02 | 29.4 | 15.6 | 0.05 |
| | | | 病情指数 | 10.93 | 18.55 | 13.18 | 8.61 | 1.71 |
| ‘次郎’ | 山西曲沃县 | 5 | 病株率 | 78.4 | 10.34 | 100.0 | 58.4 | 0.13 |
| | | | 病果率 | 14.3 | 0.48 | 21.2 | 10.8 | 0.03 |
| | | | 病情指数 | 6.57 | 12.41 | 10.56 | 3.94 | 1.86 |

2.4.2 柿果顶腐病与立地、树势的关系 在广西‘恭城水柿’顶腐病山地比平地发病轻,山西‘阳丰’、‘次郎’种植立地为丘陵和平地,云南‘次郎’种植立地为山地、平地,病情无明显差别;树势强的柿园发病轻,施用有机肥、灌溉等管理较好的柿园发病较轻,如广西恭城县莲花镇‘恭城水柿’柿园,病株率、病果率、病情指数分别为16.7%、0.2%、0.52,山西曲沃县魏某‘阳丰’柿园肥水充足,所以树势健壮发病轻(表3)。该病和树龄无明显相关,‘恭城水柿’树龄范围为6～15 a,‘阳丰’、‘次郎’调查的树

龄为 3 ～ 12 a,不同年龄均有发病,发病轻重程度和树龄无关。据广西恭城县果农介绍,‘恭城水柿’顶腐病发生情况还与气温、降水等有关,果实膨大前期持续高温、干旱会加重病情。

**表 3　不同立地、树势对柿果顶腐病发生的影响**

| 项目 | | 品种 | 调查地点 | 调查面积/$hm^2$ | 病株率/% | 病果率/% | 病情指数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 立地 | 山地 | ‘恭城水柿’ | 广西恭城县兰洞水库移民村 | 0.6 | 51.5 | 4.6 | 7.83 |
| | 平地 | ‘恭城水柿’ | 广西恭城县西岭乡 | 0.5 | 62.8 | 5.6 | 8.38 |
| 树势 | 强 | ‘恭城水柿’ | 广西恭城县莲花镇 | 0.4 | 16.7 | 0.2 | 0.52 |
| | 弱 | ‘恭城水柿’ | 广西恭城县平安乡白羊杉木寨 | 0.3 | 100.0 | 22.4 | 16.80 |
| | 强 | ‘阳丰’ | 山西曲沃县魏某柿园 | 0.3 | 40.0 | 1.4 | 1.22 |
| | 弱 | ‘阳丰’ | 山西曲沃县绵岭 | 3.3 | 100.0 | 63.0 | 46.74 |
| | 强 | ‘次郎’ | 山西曲沃县刘汶有机肥园 | 0.4 | 56.7 | 2.1 | 1.02 |
| | 弱 | ‘次郎’ | 山西曲沃县绵岭 | 3.2 | 100.0 | 44.1 | 9.18 |

### 2.5　柿树结果量及果实大小对柿果顶腐病发生的影响

2.5.1　柿树结果量对柿果顶腐病发生的影响　柿树结果量与病果率的关系调查结果(表 4)显示:山西‘阳丰’、陕西‘阳丰’、山西‘次郎’树体参数相似的情况下,柿果顶腐病的发生情况随着树体结果量的增加而减轻,都达到极显著相关水平,其相关程度由大到小依次为山西‘次郎’、山西‘阳丰’、陕西‘阳丰’,说明这种规律在山西种植的‘次郎’品种上表现更明显。陕西‘阳丰’、山西‘阳丰’、山西‘次郎’回归方程一次项系数分别为 -0.003、-0.002、-0.001,说明陕西‘阳丰’病果率随着结果量变化的幅度最大,山西‘次郎’最小。

**表 4　柿树病果率($y$)与结果量($x$)之间的回归关系**

| 品种 | 调查地点 | 调查面积/$hm^2$ | 回归方程 | | $R$ | $F$ | α 值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ‘阳丰’ | 陕西眉县 | 1.2 | $y=-0.003x+0.306$ | $10\leqslant x\leqslant 102$ | -0.842 | 287.504 * * | $\alpha<0.01$ |
| ‘阳丰’ | 山西曲沃县 | 1.5 | $y=-0.002x+0.369$ | $40\leqslant x\leqslant 184$ | -0.872 | 373.026 * * | $\alpha<0.01$ |
| ‘次郎’ | 山西曲沃县 | 1.4 | $y=-0.001x+0.265$ | $20\leqslant x\leqslant 265$ | -0.895 | 475.950 * * | $\alpha<0.01$ |

注:* * 表示在 0.01 水平上差异显著。

2.5.2　果实大小对柿果顶腐病发生的影响　从果实大小对柿果顶腐病发生情况的影响结果(表 5)可看出:‘次郎’、‘阳丰’病果的横径、纵径均大于一般健果,且方差分析均存在极显著差异,这和柿树结果量对柿果顶腐病的影响结果一致,结果量越多果实越小,发病率越低,这可能和矿质营养在果实内的分配有关,也可能和果实蒸腾作用及和不良空气的接触面积有关。比较变异系数可以看出:‘阳丰’柿果的横径、纵径变异都比‘次郎’大,说明‘阳丰’柿果不均匀,就品种而言‘阳丰’发病比‘次郎’重。

**表 5　柿树病果与健果横径、纵径比较**

| 项目 | 平均值/cm | 标准差/cm | 最大值/cm | 最小值/cm | 变异系数 |
|---|---|---|---|---|---|
| ‘次郎’病果横径 | 7.3 A | 0.23 | 7.6 | 6.3 | 0.03 |
| ‘次郎’健果横径 | 6.9 B | 0.26 | 7.2 | 6.4 | 0.04 |
| ‘次郎’病果纵径 | 5.4 A | 0.36 | 6.2 | 4.4 | 0.07 |
| ‘次郎’健果纵径 | 4.9 B | 0.41 | 5.6 | 3.9 | 0.09 |
| ‘阳丰’病果横径 | 6.5 A | 0.32 | 7.3 | 5.8 | 0.05 |
| ‘阳丰’健果横径 | 6.0 B | 0.35 | 6.7 | 5.2 | 0.06 |
| ‘阳丰’病果纵径 | 4.6 A | 0.49 | 5.9 | 3.7 | 0.11 |
| ‘阳丰’健果纵径 | 4.3 B | 0.34 | 5.3 | 3.6 | 0.08 |

注:$n=210$,不同字母代表在 0.01 水平上差异显著,其中,每个品种横径、纵径单独比较。

### 2.6　树冠不同部位对柿果顶腐病发生的影响

由表 6 可见:甜柿‘阳丰’、‘次郎’顶腐病病果在树冠上分布规律明显,树冠上层病果率高于下层,枝条外侧的病果占总病果比例超过 50%(表 6)。‘阳丰’、‘次郎’上下层病果率分别相差 15.5% 和 9.9%,外侧病果率‘阳丰’为 62.3%,大于‘次郎’的 61.8%,说明‘阳丰’病果在树冠上分布的规律更明显。‘阳丰’、‘次郎’品种调查柿树种植在同一柿园、树龄相同,比较二者上下层发病率的均值,结果可见,同一品种树冠上下层病果率达到极显著差异,品种之间上层病果率达到极显著差异,下层病果率差异不明显。

## 3　结论与讨论

柿果顶腐病是近年来发生的一种新型生理性病害,严重影响柿子的品质和产量。2012、2013 年,作者在广西恭城县、陕西眉县、山西曲沃县、云南保山隆阳区 4 个地区分不同立地、树龄、管理情况等对‘恭城水柿’、‘阳丰’、‘次郎’3 个品种柿果顶腐病发病情况进行了调查,结果显示:该病一般发生在柿

表6 顶腐病病果在树冠上的分布

| 品种 | 树冠部位 | 调查内容 | 调查面积/$hm^2$ | 平均值/% | 最大值/% | 最小值/% | 标准差/% | 变异系数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ‘阳丰’ | 上层 | 病果率 | 2.2 | 26.6 A | 55.6 | 9.4 | 9.12 | 0.34 |
| ‘次郎’ | 上层 | | 1.3 | 21.3 B | 37.2 | 7.1 | 7.02 | 0.33 |
| ‘次郎’ | 下层 | | 1.3 | 11.4 C | 21.2 | 4.5 | 3.46 | 0.30 |
| ‘阳丰’ | 下层 | 病果率 | 2.2 | 11.1C | 25.3 | 4.1 | 3.82 | 0.34 |
| ‘阳丰’ | 枝条外侧 | 外侧病果占 | 2.2 | 62.3 | 91.7 | 20.3 | 12.33 | 0.20 |
| ‘次郎’ | 枝条外侧 | 总病果比例 | 1.3 | 61.8 | 95.2 | 19.8 | 13.26 | 0.21 |

注:调查地点为山西曲沃县刘汶柿园、磨盘岭柿园及陕西眉县柿园。$n=90$,不同字母表示在0.01水平上差异显著。

果膨大、转色期;不同品种病害症状不尽相同,‘恭城水柿’和‘阳丰’由顶部果皮及皮下果肉向内发病,‘次郎’则是内部果肉先发病,病害由内而外扩展,和‘恭城水柿’、‘次郎’相比,‘阳丰’病果软化较慢;不同品种病情不同,山西曲沃县种植的‘阳丰’较‘次郎’发病重,广西恭城县的‘恭城水柿’较‘华南牛心柿’发病重;病情和树势有关,和树龄无关,施用有机肥、灌溉、病虫害防治较好、树势较强的柿园发病轻;甜柿发病情况和结果量、果实大小及果实在树冠上的位置有关,大果和树冠上部、外侧的果实易发病。

柿果顶腐病发生在果实膨大期可能和该时期细胞壁含量及其相对表面积、阳离子交换能力等发生变化而导致钙[10]、硼[11]等吸收量降低有关,且柿果属于跃变型果实,在营养元素供应不足的情况下,成熟期产生的乙烯及此时期的高温天气会使果实表现病害症状[12];不同柿品种病情不同可能和品种对营养元素的吸收利用率及品种对影响该病的其它逆境因素的抗性有关,这种规律在番茄(*Solanum lycopersicum* L.)脐腐病[13]、芒果(*Mangifera indica* L.)黑顶病[14]、芒果海绵组织病害[15]等生理病害上也有表现,对逆境的抗性也解释了同一品种管理较好、树势较强不易发病的现象;通过比较发病症状和发病规律,发现‘阳丰’柿果顶腐病和芒果黑顶病[14]、枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)黑顶病[16]极其相似,即果实在树冠上的位置会影响发病情况,后两种病害是由于氟污染造成的,该结果为进一步研究柿果顶腐病的病因提供了新的思路。

调查结果中涩柿的发病时间、病害症状及与立地、树龄、树势等的关系和全金成等[6]、卢胜进[8]研究结果基本一致,受调查时间限制,本研究未能分析连续数年气温、降水等气候条件对病害发生的影响,有待继续调查。目前,关于该病的致病因素说法不一,但主要认为是果实中营养元素亏缺或营养元素含量之间比例不均衡造成的,作者正着手寻找该病的发病原因,后续工作主要包括进一步调查顶腐病的发生发展规律;通过分析果样、叶样、土样元素含量和发病情况的关系寻找病因;在生理、分子等方面研究品种之间病情差异的原因;在基本掌握该病病因的前提下,结合发病规律及相关影响因子,制定较为有效、可行的防治技术等。

## 参考文献:


[1] Thomas W. Beyond exchangeable aluminum: another ride on the merry-go-round[J]. Common Soil Sci Plant Anal, 1988, 19:833-856.

[2] 贾晓辉,王文辉,李世强,等. 库尔勒香梨萼端黑斑病发生的原因[J]. 果树学报,2010,27(4): 556-560.

[3] Yamauchi T,Hara T,Sonoda Y. Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall[J]. Plant Cell Physiol, 1986,27(40):729-732.

[4] 徐圣友,张福锁,王 贺,等. 环境因子对苹果粗皮病发生的影响[J]. 果树学报,2008,25(1):73-77.

[5] 余叔文. 二氧化硫对植物的伤害和植物对二氧化硫的抗性[J]. 植物生理学通讯,1983(3):7-14.

[6] 全金成,王绍斌,龙品基,等. 柿顶腐病病因及发病规律初步研究[J]. 中国农学通报,2009,25(17):186-190.

[7] 杨长林,林 青,唐梁慧. 桂北柿果“黑屁股”症的发生原因及矫治[J]. 中国南方果树,2005,34(3):64.

[8] 卢胜进. 柿“黑顶果”的发生与防治技术[J]. 科学种养,2012(9):33-34.

[9] 孙宁静,唐志鹏,范灵姣,等. 钙和硼元素对柿顶腐病发生的影响[J]. 园艺学报,2013,40(S):2612.

[10] 梁 和,石为勇,马国瑞,等. 叶面喷硼对柑桔硼钙、果实生理病害及耐贮性的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2000,26(5):509-512.

[11] 萧浪涛,李合松,黄见良,等. 应用核素示踪法研究柑橘对钙的吸收与运转[J]. 湖南农业大学学报,1996,22(3):249-255.

[12] 高 梅,张继澍. 亚精胺对柿果采后乙烯生物合成的影响[J]. 园艺学报,1999,26(6):364-368.

[13] Adams P,Ho L C. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity[J]. Hort Sci,1992,67:827-839.

[14] 张承林. 芒果(*Mangifera indica* L.)果实的生理病害及其病因的研究[D]. 广州:华南农业大学,1997.

[15] Joshi G D,Limaye V P. Effects of tree location and fruit weight on spongy tissue occurrence in Alphonso mango[J]. Journal of Maharashtra Agricultural Universities,1986,11:104.

[16] 邓彩萍,刘贤谦,刘随存,等. 山西枣黑顶病致病因素分析[J]. 植物保护,2012,38(1):141-145.