西北林学院学报 2019,34(5):127-133
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2019.05.20

主要气象因子对核桃叶斑病发生动态的影响

王　杰[1],徐方媛[1],蒋　萍[1*],李飞剑[2],阿力木江·艾尔肯[3]

(1.新疆农业大学 林学与园艺学院,新疆 乌鲁木齐 830052;2.洛浦县林业局,新疆 洛浦 848200;
3.洛浦县气象局,新疆 洛浦 848200)

摘　要:核桃叶斑病的病原分离鉴定结果为链格孢菌。在此基础上,为明确核桃叶斑病发生动态与主要气象因子之间的关系,于2016、2017年4—9月,在位于洛浦县2个乡镇的观测园内,利用便携式气象站定时收集样地内空气温度、相对湿度和降雨量数据,调查监测病害发生的严重程度。得到25组病情指数,绘制各气象因子与病害发生动态曲线,分析其间的关系。结果表明,空气温度、相对湿度和降雨综合影响病情的发展速度,春季核桃展叶后,空气温度、相对湿度的增高和一定的降雨量有助于病菌孢子的萌发侵染,5月下旬温度激增,加速病情发展,5月底达到第1个高峰;6月底至7月中旬随着相对湿度的增大,降雨量的增多和持续较高的温度,病害产生第2个流行高峰;8月中旬以后,温度逐渐降低,病情流行速度减缓,虽然相对湿度和降雨量处于病害调查期较高的阶段,但对病害流行的影响较小。研究结果为病害的监测预报及防控措施的制定提供理论依据。

关键词:气象因子;核桃叶斑病;发生动态;影响;病原菌鉴定

中图分类号:S763.1　　　**文献标志码**:A　　　**文章编号**:1001-7461(2019)05-0127-07

Influences of the Key Meteorological Factors on the Occurrence Dynamics of Walnut Leaf Spot Disease

WANG Jie[1],XU Fang-yuan[1],JIANG Ping[1*],LI Fei-jian[2],Alimujiang Aierken[3]

(1. *College of Forestry and Horticulture*, *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *Xinjiang*, *China*; 2. *Luopu County Forestry Bureau*, *Luopu* 848200, *Xinjiang*, *China*; 3. *Luopu County Meteorological Bureau*, *Luopu* 848200, *Xinjiang*, *China*)

Abstract: Through the isolation and identification of the pathogens of walnut leaf spot disease, the pathogen was confirmed as *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissler. On this basis, the relationships between walnut leaf spot disease and the key meteorological factors during April to September, 2016 and 2017 were clearified. The data of air temperature, relative humidity and rainfall in sample plots were collected by meteorological stations, and at the same time, the severity of the disease occurrence was investigated and monitored in observation gardens of two villages and townships in Luopu County. Twenty-five groups of disease index were collected. The curves of various meteorological factors and disease occurrence dynamic were drawn, and their relationships were analyzed. The results showed that air temperature, relative humidity and rainfall jointly influenced the development of the disease. The increase of air temperature, relative humidity and certain amount of rainfall were helpful for the germination and infection of the pathogenic spores after the walnut leaf expansion in spring, temperature surging accelerated the progression of the disease in late May, the first disease peak reached at the end of May. From the end of June to the middle of July, with the increase of relative humidity, rainfall and the continuous higher temperature, the second epidemic peak of the disease occurred. After mid-August, the disease development slowed as temperature gradually dropped, al-

收稿日期:2018-11-02　**修回日期**:2019-03-04
基金项目:国家自然科学基金(31560210)。
作者简介:王　杰,女,硕士在读,研究方向:森林保护。E-mail:651558837@qq.com
*通信作者:蒋　萍,女,副教授,研究方向:森林病害监测与防控。E-mail:xj661105@sina.cn

though relative humidity and rainfall were in the higher stage during disease investigation, they had little impact on the disease development. The results could provide theoretical bases for disease monitoring, forecasting and control.

Key words: meteorological factor; walnut leaf spot; occurrence dynamics; influence; pathogen identification

核桃为新疆第二大果树，约占全疆林果业总面积的 25%，成为南疆地区农村经济发展的支柱产业之一[1]。然而大面积集约栽培，管理水平粗放，再加上病虫害的发生，严重制约了南疆核桃产业健康发展。2010 年，新疆和田地区墨玉县发生了一种新病害，核桃叶斑病[*Alternaria alternata*（Fr.：Fr.）]。该病害最初在叶尖产生淡褐色的坏死斑，并逐渐向叶缘及其基部扩展，病斑面积不断扩大连成片，后期叶缘向叶正面卷曲，病部逐渐变为深褐色，质地变脆；造成叶片大量焦枯坏死，减弱其光合作用，影响果实营养的积累，导致果品质量下降[2]。

目前，前人已通过科赫氏法则，确定了阿克苏、喀什及和田地区的核桃叶斑病的病原菌均为链格孢菌[2-3]；筛选出防治效果较好的化学药剂，生产中可交替使用 10% 咪鲜胺和 10% 苯醚甲环唑 2 种药剂[2]；丁俊杰等[4]对病害发生的影响因子开展了专项调查，发现品种、生育期、郁闭度、间作模式、栽培管理水平、枝干病害均能影响该病发生，其中品种、郁闭度、生育期对病害发生的影响最明显。

病害的流行取决于病原物、寄生植物和环境条件 3 个方面，其中环境条件中的主要气象因子，如空气温度、相对湿度和降雨尤为重要，与病害的流行关系密切，然而这些因子对核桃叶斑病发生的影响尚未见报道。基于此，本研究于 2016、2017 年连续 2 a，在和田地区洛浦县的 2 块样地内，对核桃叶斑病的发生动态进行定期观测调查，同时对样地内小环境的空气温度、相对湿度和降雨量进行监测，将各观测数据进行处理，逐一分析这些气象因子对病害发生动态的影响。明确该病害发生流行时气象因子在其中发挥的作用，为病害的预测预报、防治时期的确定奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 病原菌的分离鉴定

1.1.1 材料 2016 年 6 月在和田地区洛浦县 2 个核桃园，每个核桃园选取 5 株树，采集 20 片具有典型症状的病叶，装入无菌纸袋，做好标记带回实验室。

刀片、镊子、灭过菌的皿、酒精灯、火柴、记号笔、75%酒精、3%次氯酸钠、培养基为马铃薯葡萄糖琼脂培养基（PDA）[2,6]、量筒、喷壶、接种针、塑料袋、标记牌、显微镜等。

1.1.2 方法 采用组织分离法对具有典型症状的新鲜病叶进行分离，3 d 后进行分离物的纯化，待产孢后挑取单个孢子进一步纯化，得到纯培养物[2,5]。在 PDA 培养基上进行接种，培养 5 d 后制备每毫升 $1\times10^{6\sim8}$ 孢子悬浮液，用于接种试验。用有伤和无伤 2 种方法将病菌孢子喷雾接种于健康叶片上，塑料袋保湿 2 d，每天观察记录发病叶片的症状，然后取病斑分离，培养 7 d 后观察菌落形态及病原微观特征，并拍照，以确定病原菌的分类地位[5]。

1.2 病害系统调查

2016、2017 年 4—9 月，在和田洛浦县恰尔巴格乡苏尕库木村和山普鲁镇库塔孜村各选择 1 块样地，样地编号分别为 a（面积约 4.8 hm^2）和 b（面积约 3 hm^2），对核桃叶斑病病情进行定期观测调查，每隔 6～7 d 调查 1 次。每块样地采用隔行抽样法随机抽取 20 棵树作为观测样树，每棵样树从东、南、西、北 4 个方向随机抽取 1 个 1 年生枝条，每个枝条上选取 2 个复叶，并将每片小叶编号，每棵树观测叶片数量≥50 片。每次逐一检查每片小叶上产生病斑的情况，记录每片叶子上病斑所占叶面积比值。根据发病严重度分级标准表[6]，将病叶分级记录，计算病情指数。在整个生长季节，所选样地未喷洒农药，其他农事操作正常进行。

表 1 发病严重度分级标准

Table 1 The classification standard of disease severity

病级	代表值	发病严重度
Ⅰ	0	叶片上没有可见病斑
Ⅱ	1	病斑面积占叶面积的比值 10%以下，零星分布
Ⅲ	2	病斑面积占叶面积的比值 10.1%～30%，病斑部分连片，宽度较窄
Ⅳ	3	病斑面积占叶面积的比值 30.1%～50%，病斑全部连片，宽度较宽
Ⅴ	4	病斑面积占叶面积的比值 50.1%以上，宽度接近叶中央

$$病情指数=\frac{\sum(病级叶数\times代表值)}{调查总叶数\times最高代表值}\times100 \quad (1)$$

1.3 气象数据的获取

在观测样地各放置一台全自动便携式气象站（Vantage-pro 2 型）。不间断地（设定 1 h 获取 1 次数据）测定该环境中的空气温度（℃）、相对湿度（%）

和降雨量(mm)数据。

1.4　气象因子对核桃叶斑病发生流行的影响

首先对调查监测获得的病情及气象数据进行处理,最高温度是指调查当日与调查前一次日期之间每天的最高温度的平均值;最低温度、平均温度及相对湿度的算法均同此;降雨量是指调查当日与调查前一次日期之间累计降雨量。逐个分析各气象因子与病害流行的关系,从而明确各因子对病害发生流行影响的关键时期及作用。

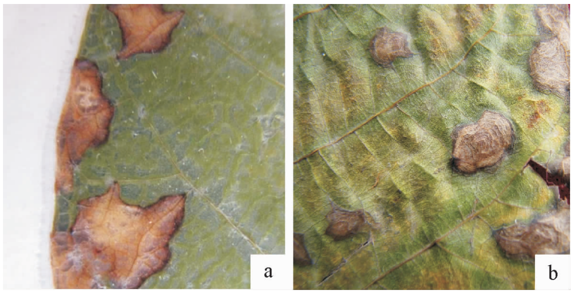
2　结果与分析

2.1　病害的危害状

病害从叶片的叶尖、叶缘开始发病,逐渐向叶基部扩展;初期侵染点褪绿,逐渐产生褐色坏死斑点,病斑近圆形;在潮湿条件下常在叶背面出现暗绿色霉斑,秋末病害引起大量叶片焦枯、掉落。调查发现田间同时存在侵染性和非侵染性 2 种叶斑病,但其症状表现不一致,链格孢菌引起的叶斑病的症状有 2 种:坏死斑上有黑褐色同心轮纹;病变边缘是紫色的,病斑之间界限明显(图 1)。生理性叶缘焦枯病表现为叶尖、叶缘及至整张叶片黄化、褐化、枯焦死亡等症状[7]。2 种病害初始发病叶位也不同,前者是复叶基部的 2 个单叶最先表现症状,后者是复叶顶部的单叶最先发病。

2.2　病原菌分离及接种结果

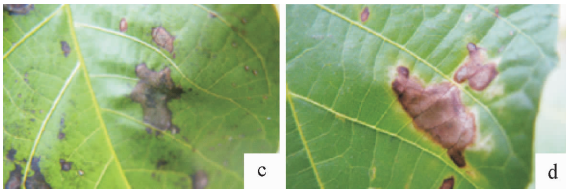
分离结果表明,8 d 后处理的病斑组织全部长出菌落,分离率为 100%。接种试验表明,有伤接种的叶片全部发病,无伤接种的叶片发病率较低,且发病较晚。接种发病症状与核桃园自然发病的症状一致(图2),对照叶片未发病。再分离得到的病原菌菌落特征与接种菌株菌落特征一致。



注:a. 带紫边;b. 带同心轮纹。

图 1　核桃叶斑病危害状

Fig. 1　Damage of walnut leaf spot disease



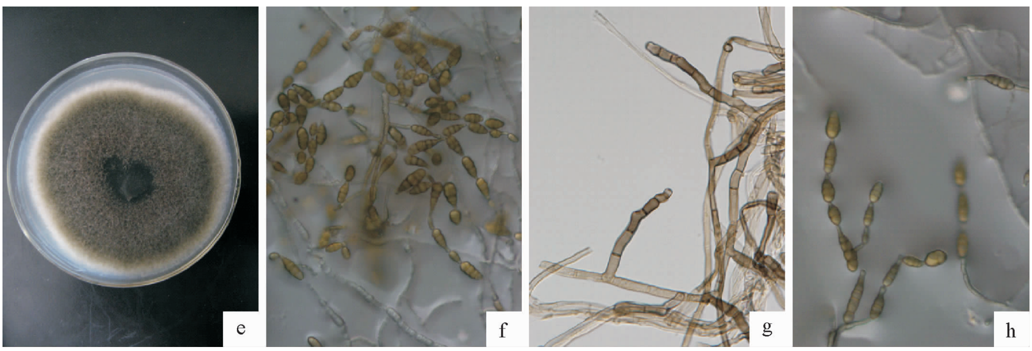
注:c. 有伤接种;d. 无伤接种。

图 2　接种后症状

Fig. 2　Symptoms after inoculation

2.3　病原菌形态学鉴定结果

PDA 上链格孢的菌落正面最初为白色,后期为深灰色,背面为深褐色。气生菌丝褐色、有隔、分枝;分生孢子褐色、单生或链生,呈倒棍棒形或椭圆形,孢身具 3～8 个横膈膜,0～4 个纵膈膜和斜膈膜,隔膜缢缩,大小(12.8～29.4)μm×(5.2～11.9)μm;分生孢子梗褐色、有隔、合轴式延伸,大小(32.1.5～75.7)μm ×(4.6～5.4)μm;喙淡褐色、圆柱形,大小(0.6～13.7)μm ×(1.7 ×4.8) μm。根据菌落特征和病原菌的形态特征(图 3),鉴定为链格孢菌。



注:e. 菌落正面(PDA 上的培养特性);f. 分生孢子;g. 分生孢子梗;h. 链状分生孢子。

图 3　病原菌形态特征

Fig. 3　Morphology of pathogens

2.4　温度与病害流行的关系

由图 4 可看出,2016 年样地 a 中,4 月中旬至 5 月底随着平均温度上升,病害发展速度加快,其中 5 月中旬的降雨使得平均温度有所降低,但是病情流行速度依旧加快;6 月初至 8 月初是全年中平均温度最高时期,然而温度起伏变化不大,相对比较稳定,这期间病情流行速度快慢不一,其中 6 月底至 7 月中旬病情流行速度很快;8 月中旬以后平均温度

逐渐下降，病情发展也逐渐放缓，9月中旬温度稍有回升，但病害发展未受影响。最高温度和最低温度对病害流行的影响规律基本与平均温度一致，虽然9月下旬最高温度大幅度回升，但病情变化不大。样地b中平均温度、最高温度和最低温度对病害流行的影响规律基本同样地a。

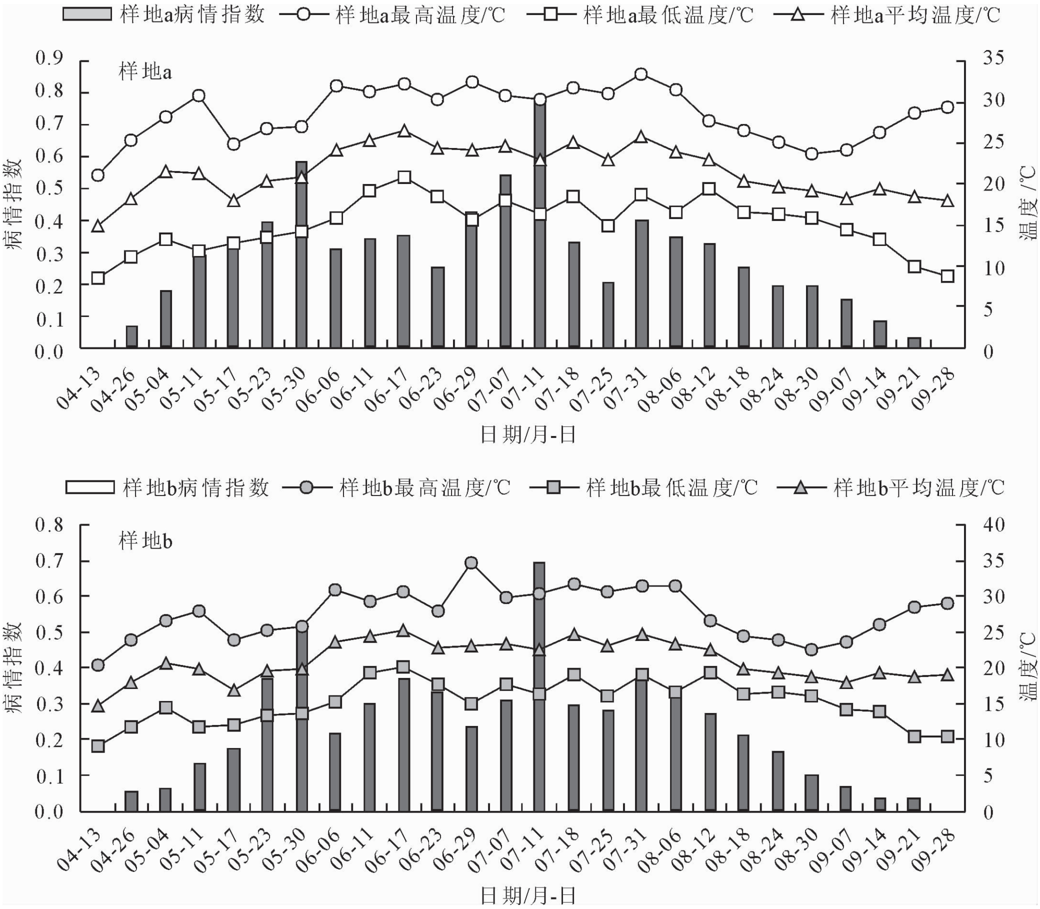


图4 2016年温度与病害流行的关系

Fig. 4 The relationship between the temperature and the disease epidemic in 2016

由图5可看出，2017年样地a中，4月中旬至5月底随着平均温度上升，病情流行逐渐加快，其中4月下旬的降雨使得4月底的平均温度有所降低，但病情流行反而加快；6月初至8月初与2016年一样，也是全年中平均温度最高时期，除了7月初和7月下旬受到降雨的影响，平均温度明显下降，其他时间相对比较稳定，而这期间的病害发展有快有慢，其中7月中旬病情流行速度很快；8月中旬以后，平均温度整体回落，病情发展也逐渐减缓。最高温度和最低温度对病情流行的影响规律基本与平均温度一致。样地b中平均温度、最高温度和最低温度对病害流行的影响规律基本同样地a。

2.5 相对湿度与病害流行的关系

由图6看出，2016年样地a中，4月中旬至5月初，果园小环境相对湿度是病害发生期间最低的阶段，病情随着相对湿度的增加在不断地发展，5月中旬空气相对湿度急剧增加，病害流行速度加快，5月底达到高峰；5月下旬至6月下旬空气相对湿度变化不大，6月病情发展速度减缓；7月随着相对湿度的明显提高，病害快速发展，7月中旬达到第2个高峰；8月初至9月相对湿度是病害发生期间最高的时期，但病情并未随着湿度的增大而加快，反而逐渐回落。总体来看，样地b中相对湿度对病害流行的影响规律与样地a基本一致，不同的是，样地b在6月下旬至7月初相对湿度增加较快，但病害流行速度反而降低。

由图7看出，2017年样地a，4月随着相对湿度上升，病害流行速度逐渐加快，5月相对湿度变化起伏不定，病情发展速度一直加快，5月底达到第1个高峰；6月初至6月中旬，相对湿度变化不大，病害流行速度减缓；6月下旬至7月中旬，空气湿度快速增加，7月中旬病害发展达到第2个高峰；7月下旬至9月相对湿度是病害发生期最高的阶段，但病情整体逐渐回落。总体来看，样地b相对湿度对病害流行的影响规律与样地a基本一致，不同在于样地b在6月初至6月中旬相对湿度起伏不定，病情发展速度也随之而变化。

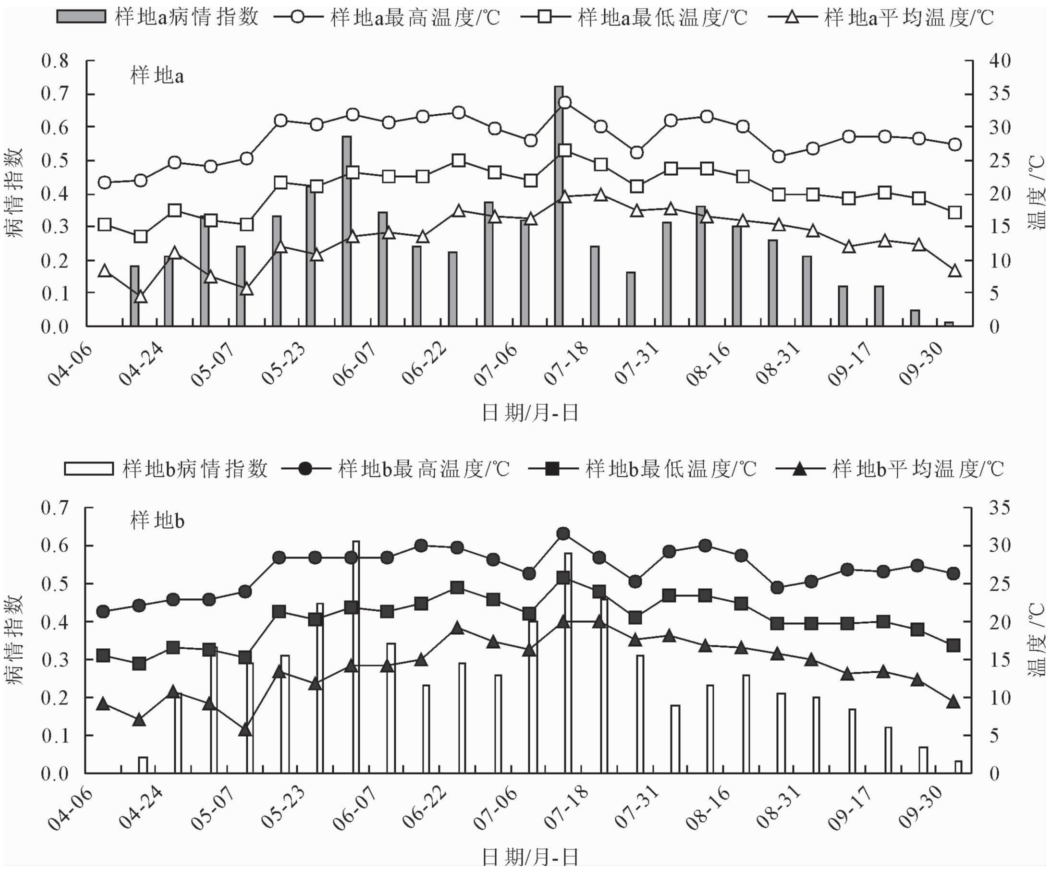


图 5　2017 年温度与病害流行的关系

Fig. 5　The relationship between the temperature and the disease epidemic in 2017

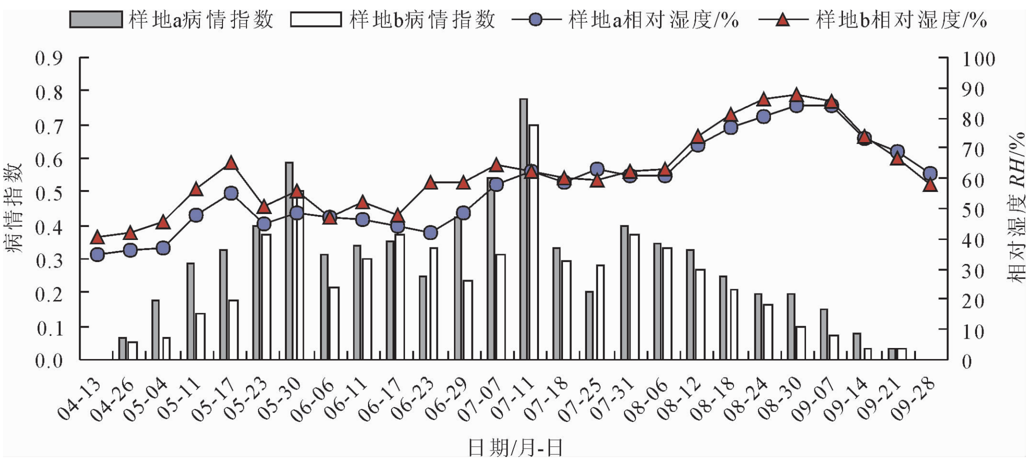


图 6　2016 年相对湿度与病害流行的关系

Fig. 6　The relationship between the relative humidity and the disease epidemic in 2016

2.6　降雨量与病害流行的关系

由图 8 看出,2016 年样地 a 和样地 b 中,4－5 月降雨量很少,只在 5 月中旬有降雨,样地 b 的降雨量多于样地 a,该次降雨有可能促进了 5 月下旬的病情发展;6－7 月降雨量主要集中在 6 月下旬至 7 月上旬,这为 6 月底至 7 月中旬病情的快速发展提供了有利条件;8－9 月降雨频繁、降雨量大,但是病情发展未受到影响。

由图 9 可看出,2017 年 2 块样地中降雨的情况与 2016 年相比有变化,4 月降雨次数较 2016 年增多,这更有利于病菌孢子萌发侵染;5 月初降雨量明显增大,促使病情快速发展;6－7 月降雨多,其中 6 月初的降雨没有明显促进病害流行,6 月底至 7 月初的降雨加快了病情发展,7 月中下旬的降雨对病情发展影响不大;8 月中下旬是 8－9 月降雨量最多的时期,但是病情流行速度未受影响。

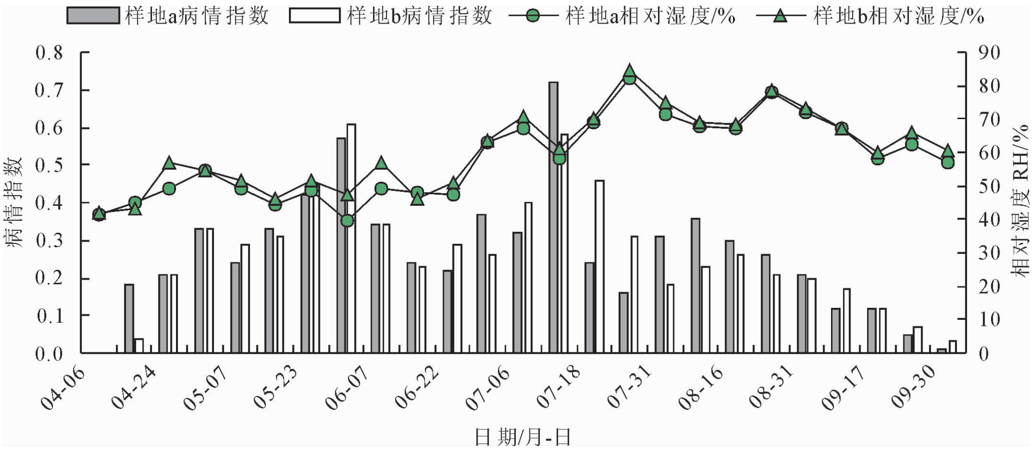


图 7　2017 年相对湿度与病害流行的关系

Fig. 7　The relationship between the relative humidity and the disease epidemic in 2017

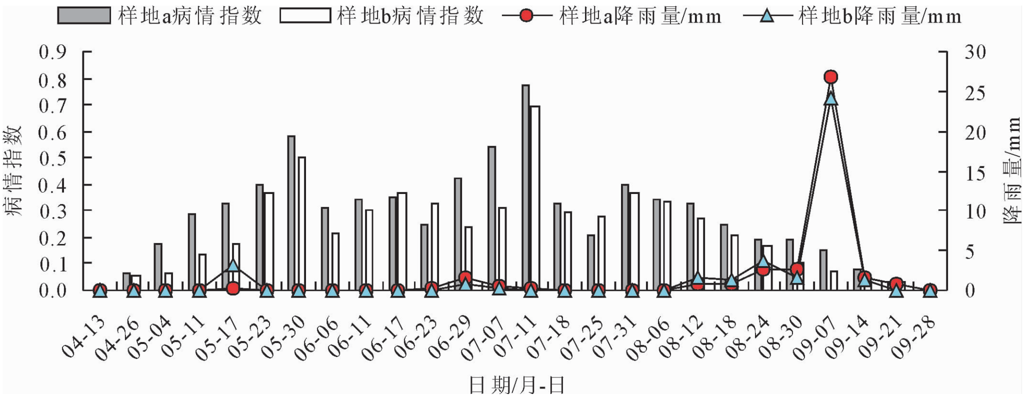


图 8　2016 年降雨与病害流行的关系

Fig. 8　The relationship between the rainfall and the disease epidemic in 2016

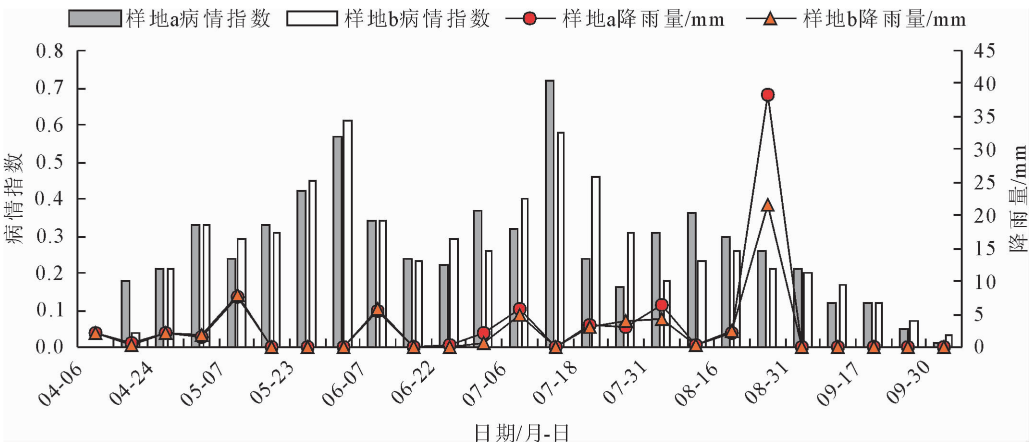


图 9　2017 年降雨与病害流行的关系

Fig. 9　The relationship between the rainfall and the disease epidemic in 2017

3　结论与讨论

通过科赫法则确认和田地区洛浦县核桃叶斑病由链格孢菌引起，该病害与生理性叶缘焦枯病症状特点及发病叶位均不同。在此基础上，2016－2017 年连续 2 a，对 2 块样地的病情及气象数据分析结果可知，每年 4 月中旬至 5 月底，随着温度上升病情也逐渐加快，5 月底达到第 1 个高峰；6 月初至 8 月初是全年温度最高时期，病情发展速度快慢不一，样地 a、样地 b 分别在 6 月底至 7 月中旬、7 月初至 7 月中旬达到第 2 个流行高峰；8 月中旬以后，随着温度降低，病情逐渐减缓。

2016 年 4－5 月随着相对湿度增加，病害流行加快，2017 年 4 月降雨次数较多，导致该月湿度与

5 月相差不大,病情发展速度也一直加快;6 月下旬至 7 月中旬相对湿度明显增高,加速了病情的流行;7 月下旬至 9 月相对湿度是病害发生期最高的阶段,但对病情发展影响关系不大。4—5 月的降雨对病原菌孢子萌发侵染有利,6 月下旬至 7 月上旬的降雨,可加快病情发展,8—9 月的降雨对病害流行影响不大。

植物病害发生流行是多种气象因子之间的互作而导致的[8],核桃叶斑病发生发展同样也受温度、空气相对湿度和降雨共同作用的影响。4 月中旬至 5 月底,相对湿度的增高和一定的降雨量有助于病菌孢子的萌发侵染。如苹果斑点落叶病,春季苹果展叶后,雨水多、雨日多、空气相对湿度大同样也促进病害的流行[9]。本病害 5 月下旬温度快速增高,加速病情发展,番茄早疫病在生长前期发病规律也是如此,温度高发病早、快[10]。核桃叶斑病 6 月底至 7 月中旬随着相对湿度的增大,降雨量的增多和持续较高的温度,导致病害产生第 2 个流行高峰。同样其他病害若该时期满足这样的气象条件,也是最适宜病害发生流行的[9-18]。7 月下旬后,本病害受温度、相对湿度和降雨量的影响较小,这一规律与苹果斑点落叶病在新梢停止生长时的情况一致,即使有较大降雨,也不会导致发病高峰[9]。

为了解温湿度及降雨对核桃叶斑病发生的影响,本研究结合田间病害的发生动态与样地内主要气象因子的关系,初步分析了这些气象因子在不同阶段对病害流行的作用,但各气象因子之间及其与病情发展的内在联系还需要通过一定的数学方法,进行系统分析,进一步明确它们之间的相关性,找出影响核桃叶斑病的关键性气象因子,对于指导叶斑病的预测预报和防治具有重要的实践意义。

参考文献:

[1] 徐占林. 关于调整新疆核桃品种种植结构的建议[EB/OL]. http://www. mj. org. cn/ lxzn/ content/2016-12/05/content_243551. htm,2016-12-05.

[2] 韩敏. 南疆核桃叶斑病病原与防治技术研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.

[3] 徐阳,刘雪峰,蒋萍,等. 和田地区核桃叶枯病病原菌的鉴定[J]. 西部林业科学,2012,41(3):102-105.

[4] 丁俊杰,王杰,刘金宇,等. 新疆洛浦县核桃叶斑病发病因素及相关性分析[J]. 新疆农业大学学报,2016,39(6):453-457.
DING J J,WANG J,LIU J Y,*et al*. Influence factors on walnut leaf spot disease in Luopu County,Xinjiang and correlation analysis [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2016,39(6):453-457. (in Chinese)

[5] 张天宇. 中国真菌志:链格孢属[M]. 北京:科学出版社,2003.

[6] 董向丽,高月娥,李保华,等. 苹果褐斑病在山东半岛中部的周年流行动态[J]. 中国农业科学,2015,48(3):479-487.
DONG X L,GAO Y E,LI B H,*et al*. Epidemic dynamics of apple marssonina leaf blotch over whole growth season in the central area of Shandong Peninsula[J]. Scientia Agricultura Sinica,2015,48(3):479-487. (in Chinese)

[7] 梁智,张计峰,井然,等. 土壤及叶面调控对核桃“叶缘焦枯病”的防控效果[J]. 新疆农业科学,2014,51(9):1652-1657.

[8] 刘香萍,杨智明,曲善民,等. 黑龙江苜蓿叶部病害现状及其与气象因子的相关性分析[J]. 中国草地学报,2015,37(5):114-119.

[9] 胡同乐,曹克强,王树桐,等. 生长季苹果斑点落叶病流行主导因素的确定[J]. 植物病理学报,2005,35(4):374-377.
HU T L,CAO K Q,WANG S T,*et al*. Study on the m ain factor for the epidem ic of *alternaria* blotch on apple[J]. Acta Phytopathologica Sinica,2005,35(4):374-377. (in Chinese)

[10] 王彦杰. 番茄早疫病病原菌鉴定及抗病种质资源筛选[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2004.

[11] 李红叶,梅秀凤,符雨诗,等. 柑橘链格孢褐斑病的发生危害风险和治理对策[J]. 果树学报,2015,32(5):969-976.
LI H Y,MEI X F,FU Y S,*et al*. *Alternaria brown* spot of citrus:the risk and management strategy[J]. Journal of Fruit Science,2015,32(5):969-976. (in Chinese)

[12] COBB N. Letters on the diseases of plants-*Alternaria* of the citrus tribe[J]. Agricultural Gazette NSW,1903(14):955-986.

[13] 贺平均,周升卿,周兆生,等. 银杏叶枯病的发生影响因子与防治技术研究[J]. 中国植保导刊,2004,24(10):5-8.
HE P J,ZHOU S Q,ZHOU Z S,*et al*. Study on occurring conditions of gingko leaf blight and its control techniques[J]. China Plant Protection,2004,24(10):5-8. (in Chinese)

[14] 杨晓平,陈启亮,张靖国,等. 梨黑斑病及抗病育种研究进展[J]. 果树学报,2017,34(10):1340-1348.
YANG X P,CHEN Q L,ZHANG J G,*et al*. Research progress of pear black spot and breeding for disease resistance [J]. Journal of Fruit Science,2017,34(10):1340-1348. (in Chinese)

[15] 吴新颖. 万寿菊链格孢叶斑病研究[D]. 长春:吉林农业大学,2002.

[16] 薛晓妮,宋晓斌,王长柱,等. 枣树缩果病的发生规律研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(4):172-176.
XUE X N,SONG X B,WANG C Z,*et al*. Regularity of occurrence on jujube-fruit shrink disease[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(4):172-176. (in Chinese)

[17] 邱书志. 云杉落针病发病规律的研究[J]. 西北林学院学报,1998,13(4):78-83.

[18] 汤毅,曹支敏,王洁菲. 花椒锈病发生规律与化学防治研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):150-153.
TANG Y,CAO Z M,WANG J F. Occurrence regularity and chemical control of prickly ash rust[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(1):150-153. (in Chinese)