

土壤 pH 6.5 是河南烟草青枯病发生的阈值^①

王海涛¹, 李小杰¹, 许晓敬^{2*}, 黄海棠², 陈玉国¹, 李淑君¹, 赵凤霞¹, 宋学立¹, 杨立均²

(1 河南省农业科学院烟草研究所, 河南许昌 461000; 2 河南省烟草公司驻马店市公司, 河南驻马店 463000)

摘要: 通过对河南 21 个有烟草青枯病史的烟田和周边 91 个无病史的烟田调查研究表明: 有病史烟田在罗山、平桥、确山、泌阳、遂平和西平 6 个县(区), 土壤 pH 主要分布在 5.5 ~ 6.5 (占调查烟田总数的 84.75%); 周边无病史的烟田在唐河、正阳、上蔡、社旗、舞阳和城区 6 个县(区), 土壤 pH 主要分布在 6.5 ~ 7.0 (占调查烟田总数的 81.25%)。有病史的 6 个县(区)与无病史的 6 个县(区)在土壤 pH 上存在显著的差异, 土壤 pH 6.5 是河南烟草青枯病发生的阈值。土壤 pH 与纬度之间具有极显著的正相关性($y=0.7375x-17.799$, $R^2=0.386$, $P<0.01$), 由此推测土壤 pH 6.5 地理分界线大致在北纬 33°, 其以北烟区烟草青枯病发病机率低。

关键词: 土壤 pH; 青枯病; 烟草; 河南

中图分类号: S435.72 **文献标志码:** A

Soil pH 6.5 is Occurrence Threshold of Tobacco Bacterial Wilt Disease in Henan

WANG Haitao¹, LI Xiaojie¹, XU Xiaojing^{2*}, HUANG Haitang², CHEN Yugu¹, LI Shujun¹, ZHAO Fengxia¹, SONG Xueli¹, YANG Lijun²

(1 Institute of Tobacco Research, Henan Academy of Agricultural Sciences, Xuchang, Henan 461000, China; 2 Zhumadian Branch of Henan Provincial Tobacco Company, Zhumadian, Henan 463000, China)

Abstract: In this paper, 21 and 91 tobacco-planting fields with and without bacterial wilt disease were surveyed and studied, the results showed that bacterial wilt disease were occurred in the tobacco-planting fields in Luoshan, Pingqiao, Queshan, Biyang and Suiping, soil pH were mainly ranged from 5.5 to 6.5 (accounted for 84.75%); while no bacterial wilt disease was happened in the tobacco-planting fields in the circumjacent regions including Tanghe, Zhengyang, Shangcai, Sheqi, Wuyang and Chenqu, soil pH were mainly ranged from 6.5 to 7.0 (accounted for 81.25%). Significant difference was found in soil pH values between the two regions with and without bacterial wilt disease, and soil pH 6.5 could be regarded as the occurrence threshold of tobacco bacterial wilt disease in Henan. There was extremely significantly positive linear correlation between soil pH and latitude ($y=0.7375x-17.799$, $R^2=0.386$, $P<0.01$), north latitude 33° could be regarded as the geographic boundary of soil pH 6.5, and bacterial wilt disease is less likely occur in the north of this boundary.

Key words: Soil pH; Bacterial wilt disease; Tobacco; Henan

烟草青枯病是重要的土传病害之一,是由烟草根际土壤中的青枯菌引起的一种细菌性维管束病害,是威胁烟草生产的一大毁灭性病害,防治十分困难^[1]。

河南是我国重要的烤烟种植区,2018 年种植面积约 4.7 万 hm^2 。河南烟区青枯病的发生历史较短,2011 年开始在遂平发现疑似病株,之后危害逐渐加重。2014 年李小杰等^[2-3]先后在驻马店市的确山、西平、遂平和泌阳以及信阳市的平桥和罗山发现烟草青

枯病并确诊。

pH 是土壤的重要属性,影响烤烟青枯病的发生和危害程度^[4-6]。汪汉成等^[6]认为土壤 pH 和温度是影响烟草青枯病发病的决定性因素,最适发病 pH 为 6.0。王姣和丁伟^[7]认为 pH 5.5 和 6.5 是烟草抗性基因最佳表达的酸碱环境。施用碱性物质提升土壤 pH 是我国西南烟区防治烟草青枯病的一种有效途径^[8-11]。

自 2015 年起,河南烟草系统对驻马店和信阳的

①基金项目: 驻马店市烟草公司科研项目(201641170024101)资助。

* 通讯作者(995120067@qq.com)

作者简介: 王海涛(1972—),男,湖北枝江人,博士,副研究员,主要从事烟草植保及烟叶质量评价研究。E-mail: wanght3231@163.com

青枯病发病地块采取强制轮作等措施,有效控制了青枯病发生和传播,但其他烟区是否发生过青枯病以及青枯病发生的地理分界线尚不明确。由于烟草青枯菌在土壤或堆肥中可存活 2~3 年甚至更长时间^[1],在合适的气候条件下可能重新造成青枯病的危害,因此,有必要对河南易发生烟草青枯病的产地环境进行研究和界定,以加强对青枯病的防控。为此,本文从土壤 pH 入手,旨在通过研究河南植烟土壤 pH 空间分布特点及其与青枯病发生之间的关系,确定易发生烟草青枯病的烟区范围及其地理分界线。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区域包括信阳市的罗山和平桥 2 个县(区),驻马店市的确山、泌阳、遂平、西平 4 个县,并以上述 6 个县(区)为中心,根据地理位置毗邻优先的原则,结合烟区种烟历史,向北增加漯河市的城区(原郾城县)和舞阳 2 个县(区),向东增加驻马店市的上蔡和正阳 2 个县,向西增加南阳市的社旗和唐河 2 个县,合计共 12 个县(区),见图 1。

1.2 土样采集与 pH 测定

发病烟田土样采集于 2014 年 7—8 月,从确诊发生青枯病的烟田采集,共采集 21 个烟田土样。未发病的烟田土样采集于 2014 年采收结束后,按 1 个村镇采集 1 个代表性烟田的原则,要求采样的村镇植烟面积平原烟区>30 hm²,丘陵烟区>15 hm²,共采集 91 个烟田土样。采集的土样为 0~20 cm 耕层,采集方法为同一烟田按 S 形 5~8 点取样后充分混匀,按四分法留取 1.5 kg 土样备用。

采集的土样经室内风干、去杂后,研磨过 10 目筛,然后采用 2.5:1 水土质量比浸提-电位计法测定 pH^[12]。

1.3 数据处理与分析

数据描述统计使用 Microsoft Excel 2016 进行,相关分析、聚类分析、差异显著性检验等采用 DPS 15.1 程序进行。

2 结果与分析

2.1 烟草青枯病发病烟田概况

2014 年在进行烟田有害生物调查过程中,先后在罗山、平桥、确山、泌阳、遂平和西平发现烟草青枯病并确诊^[2-3],发病烟田土壤 pH 介于 5.58~6.59,平均为 6.13(表 1)。

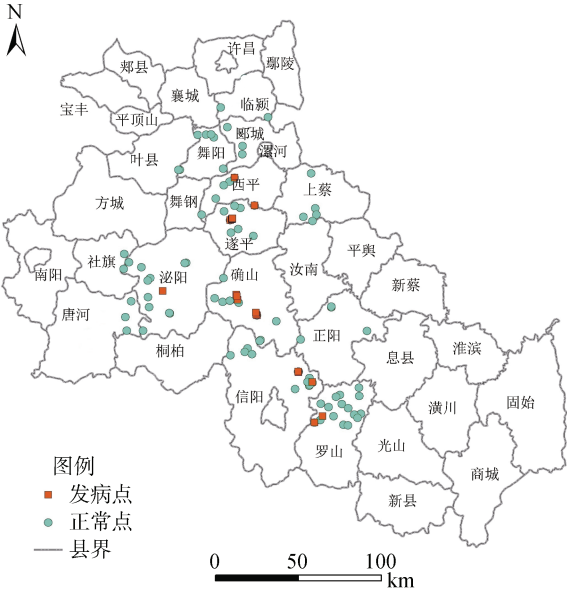


图 1 研究区域及调查烟田位置
Fig.1 Study area and sampling sites

表 1 烟草青枯病发病样点基本情况(2014 年)
Table 1 Information of surveyed fields with tobacco bacterial wilt disease

县(区)	样本数	土壤 pH		烤烟品种
		变幅	平均值	
罗山	2	5.75~5.94	5.85	中烟 201
平桥	3	5.80~6.30	6.10	云烟 87
确山	7	6.18~6.50	6.26	云烟 87
泌阳	1	5.93	5.93	云烟 87
遂平	6	5.76~6.10	5.95	中烟 100
西平	2	6.37~6.59	6.48	中烟 100

2.2 土壤 pH 统计特征

一般认为酸性(pH≤5.5)或弱酸性(pH 5.5~6.5)土壤易发生烟草青枯病,而中性(pH 6.5~7.5)或碱性(pH>7.5)土壤则不利于青枯病菌的繁殖。由表 2 可知,已确诊发病的 6 个县(区)土壤 pH 介于 5.15~7.77,平均为 6.06;其中弱酸性土壤比例最高,达 84.75%;其次是酸性和中性土壤,均占 6.78%;碱性土壤最少,仅 1.69%。周边无发病的 6 个县土壤 pH 介于 6.40~8.10,平均为 7.09;其中中性土壤比例最高,达 81.25%;其次是碱性土壤,占 15.63%;其余为弱酸性土壤,仅 3.14%。可以看出,发病与未发病烟田二者最大的差异表现在 pH 分级次数分布的频率上,前者以 pH 5.5~6.5 占绝对优势,后者以 pH 6.5~7.5 占绝对优势。

由表 3 可以看出,12 个县(区)植烟土壤 pH 平均值由低到高依次为罗山<平桥<泌阳<确山<遂平<西

表 2 土壤样品 pH 分级及各级频率分布
Table 2 Classification and frequencies of soil pH of surveyed tobacco-planting fields

县(区)	样本数	pH			分级和频率			
		范围	平均值	标准差	<5.5	5.5 ~ 6.5	6.5 ~ 7.5	>7.5
确诊发病 6 个县(区)	59	5.15 ~ 7.77	6.06	0.42	4	50	4	1
周边无病 6 个县(区)	32	6.40 ~ 8.10	7.09	0.46	0	1	26	5
总计	91	5.15 ~ 8.10	6.42	0.66	4	51	30	6

表 3 不同县(区)植烟土壤 pH 的描述性统计分析
Table 3 Statistics of soil pH of tobacco-planting fields in different regions

县(区)	样品数	pH			
		变幅	平均值	标准差	变异系数(%)
罗山	16	5.15 ~ 6.43	5.87 d	0.43	7.33
平桥	14	5.50 ~ 6.42	6.04 d	0.31	5.13
泌阳	8	5.93 ~ 6.49	6.12 d	0.21	3.43
确山	8	5.73 ~ 6.54	6.16 d	0.29	4.71
遂平	7	5.59 ~ 7.77	6.16 d	0.73	11.85
西平	6	5.58 ~ 6.70	6.27 d	0.41	6.54
唐河	8	6.65 ~ 7.04	6.83 c	0.13	1.90
正阳	4	6.50 ~ 7.20	6.85 c	0.29	4.23
上蔡	5	6.40 ~ 7.20	6.98 bc	0.54	7.74
社旗	7	6.60 ~ 7.40	7.06 bc	0.30	4.25
舞阳	4	6.66 ~ 7.84	7.41 ab	0.52	7.02
城区	4	7.40 ~ 8.10	7.78 a	0.38	4.88

注：表中同列不同小写字母表示各县(区)间差异达 $P<0.05$ 显著水平。

平<唐河<正阳<上蔡<社旗<舞阳<城区，其中罗山、平桥、泌阳、确山、遂平、西平 6 县(区)pH 平均值介于 5.87~6.27，属于弱酸性土壤；唐河、正阳、上蔡、社旗、舞阳等 5 县土壤 pH 平均值介于 6.83~7.41，属于中性土壤，但舞阳土壤 pH 平均值 7.41，接近碱性土壤；城区土壤 pH 平均值 7.78，属于碱性土壤。从变异系数来看，遂平最大，达 11.85%，说明区内土壤 pH 变化较大，兼有酸性和碱性土壤；其次是上蔡、罗山、舞阳 3 个县，变异系数 $\geq 7\%$ ，剩余其他县(区)pH 变异系数较小。5% 差异显著性分析结果表明：罗山、平桥、泌阳、确山、遂平、西平 6 个县(区)土壤 pH 平均值最低，6 个县(区)之间虽然有差异，但

差异不显著；其次是唐河和正阳，土壤 pH 平均值分别为 6.83 和 6.85，显著高于已确诊发病的 6 个县(区)土壤；再次是上蔡和社旗，土壤 pH 平均值 6.98 和 7.06，略高于唐河、正阳，但与唐河、正阳的差异不显著；城区的土壤 pH 平均值最高，显著高于除舞阳外的其他县(区)；而舞阳 pH 平均值介于社旗和城区之间，与上蔡、社旗和城区间的差异均不显著。

2.3 土壤 pH 的空间分布特征

将土壤 pH 与对应地理位置参数进行相关分析(图 2)发现，植烟土壤 pH 与采样田块经度呈现极显著的负相关关系，与采样田块纬度呈现极显著的正相关关系，与海拔则呈现显著二项式相关关系。

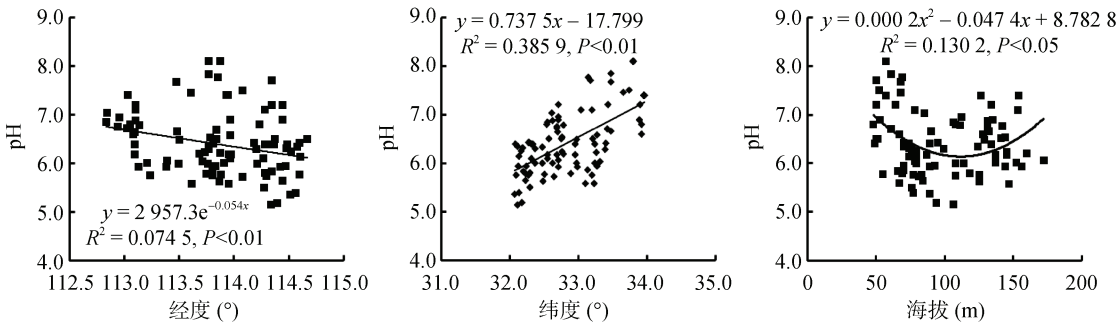


图 2 土壤 pH 与地理位置参数的相关性
Fig. 2 Correlation between soil pH and geographic parameters of tobacco-planting fields

2.4 土壤 pH 的聚类分析

将 12 个县(区)的 pH 平均值进行动态聚类分析,可分为 3 组:第一组包括罗山、平桥、泌阳、确山、遂平、西平,也正是目前已确诊发病的 6 个县(区),其土壤 pH 平均为 6.10,变幅为 5.87~6.27;第二组包括舞阳、城区 2 个县(区),其土壤 pH 平均为 7.60,变幅 7.41~7.78;第三组包括唐河、正阳、上蔡、社旗 4 个县,其土壤 pH 平均为 6.93,变幅 6.83~7.06。统计检验表明,3 组之间土壤 pH 达到极显著差异,说明第一组是烟草青枯病最易发生区域,第二组与第一组差异最大,pH 相对较高,为最不易发生烟草青枯病的区域。

将 12 个县(区)的 pH 平均值根据欧氏距离法进行模糊聚类(图 3),大致可以分为 2 类:已确诊发病的 6 个县(区)全部归为第 1 类,其他未发现病例的 6 个县(区)全部归为第 2 类。两类烟区土壤 pH 平均值相差达 1.03 个单位(表 1),这进一步说明第 1 类烟区土壤低 pH(偏酸性)会促进青枯病菌的增殖,易发生青枯病;而第 2 类烟区土壤高 pH(中性、偏碱性)可抑制青枯病菌的增殖,不能导致青枯病发生或发病机率低。

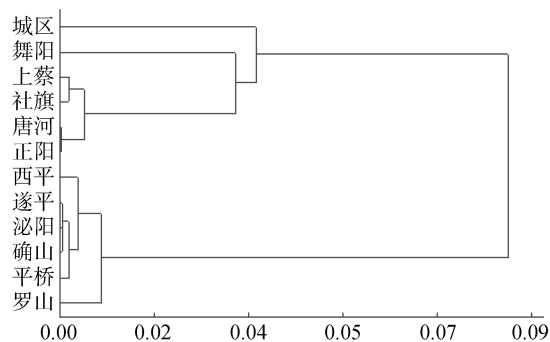


图 3 植烟土壤 pH 模糊聚类分析图
Fig. 3 Fuzzy clustering analysis of soil pH of tobacco-planting fields

3 讨论

有青枯病病史的烟田土壤 pH 之所以较低,一个主要原因是,有病史的烟田主要分布在河南的南部,降雨量高,盐基淋溶相对较强,且一些烟田为黄棕壤,因而土壤 pH 较低;而其周边烟区或是降雨量较低,或是一些烟田为褐土,其土壤 pH 相对较高^[13-15]。

土壤酸化会影响氮、磷、钾等矿质养分元素及重金属元素的活性,从而影响植物根系的正常生长发育,更易导致烟草青枯病的发生,但偏碱性环境可抑制烟草青枯病发生^[4]。南方低 pH 烟区有施用生石灰改良土壤防治青枯病的传统做法。王贻鸿等^[16]研究也表明,偏酸性条件下青枯病菌胞外多糖分泌量增

多,促进青枯菌与烟草根部的识别和吸附,有利于发病,而中性和偏碱性条件有利于脂多糖分泌,降低病害发生机率。本研究表明,河南有青枯病发病史的 6 个县(区)土壤 pH 与周边接壤的无病史的 6 个县(区)相比,存在显著差异,尤其是与城区、舞阳两县(区)差异最大,与上蔡、正阳、社旗、唐河 4 县的差异相对较小。比如在西平北边的舞阳、城区都是仅一河之隔,这 3 个县(区)的气候条件基本相同、种植品种相同,主要区别在于西平土壤 pH 明显低于其他两县(区),但舞阳、城区从来没有病例出现,进一步说明土壤 pH 是决定烟草青枯病发生的关键因素之一。本研究进一步表明,河南发生过烟草青枯病的罗山、平桥、确山、泌阳、遂平、西平等 6 个县(区)植烟土壤 pH 主要分布在 5.5~6.5。从东、西、北 3 个方向与之接壤的 6 个县(区)均未发现烟草青枯病,其土壤 pH 主要分布在 6.5~7.5。由此可以大致推断 pH 6.5 可以作为判断烟草青枯病发生与否的重要指标。

河南植烟土壤 pH 与纬度之间呈极显著的正相关。自南而北,随着纬度的升高, pH 呈明显的上升趋势。根据 $\text{pH}(y)$ 与纬度 (x) 之间的回归方程 $y = 0.7375x - 17.799$,发现 pH 为 6.5 时纬度的拟合值为 32.97° ,即北纬 33° 线,正好落在遂平、西平交界线附近,这条纬线向西延伸到社旗,向东延伸到上蔡; pH 为 7.0 时纬度的拟合值为 33.63° ,而西平与舞阳、城区交界线正好在 33.5° 附近区域。

弄清烟草青枯病害发生的土壤 pH 条件和大致发生范围,对于田间病害的诊断发现、对症防治、防止蔓延都有着重要意义。当然,烟草青枯病的发生范围除了受土壤 pH 影响外,还与病原积累、品种抗病性、温度、土壤质地等因素有关。河南烟区青枯病危害能够得到迅速有效的控制还有两个重要原因:一是烟区发病史短,土壤中病原积累相对较少;二是烟草公司通过优化烟田布局,禁止在发病地块连作烤烟,加之烟农出于自身利益考虑自觉实行轮作,均减少了青枯病的传播机率。从种植品种抗性考虑,豫南烟区的主栽品种是云烟 87,属于中抗青枯病品种^[17-19],在土壤酸性条件下,导致了发病;而感病品种中烟 100^[20]主要集中在土壤 pH 较高的豫中、豫东烟区种植,因此也没有发生青枯病。

4 结论

1)河南有青枯病发病史的烟田主要为弱酸性土壤,无发病史的烟田主要为碱性和中性土壤,土壤 pH 6.5 可以作为判断河南烟草青枯病发生与否的阈值。

2)土壤 pH 与纬度之间具有极显著的正相关性,北纬 33°是土壤 pH 6.5 地理分界线,也可作为烟草青枯病发病与否的地理分界线。

参考文献:

- [1] 郑继法,丁爱云,张建华,等.烟草青枯病研究进展[J].山东农业大学学报,1998,29(4): 527.
- [2] 李小杰,王海涛,李淑君,等.豫南烟区烟草青枯病危害调查及病原鉴定[J].中国烟草科学,2015,36(3): 86–89.
- [3] 李小杰,李淑君,陈玉国,等.豫南烟区烟草青枯病菌的致病力及遗传多样性分析[J].中国烟草科学,2016,37(3): 62–66.
- [4] 魏国胜,周恒,朱杰,等.土壤 pH 值对烟草根茎部病害的影响[J].江苏农业科学,2011,39(1): 140–143.
- [5] 孙思,王军.青枯病发病率与土壤条件关系的研究进展[J].江西植保,2005,28(1): 17–20.
- [6] 汪汉成,余婧,蔡刘体,等.温度、湿度、接菌量及 pH 对烟草青枯病菌致病力的影响[J].中国烟草科学,2017,38(5): 8–12.
- [7] 王姣,丁伟.不同 pH 对烟草抗青枯病相关基因表达的影响[J].植物医生,2018,31(8): 44–47.
- [8] 倪纪恒.不同土壤类型与调控措施对烟草根系生长与分布的影响[D].郑州:河南农业大学,2002.
- [9] 谭军,王昌军,孟贵星,等.恩施植烟土壤理化性状对烟草青枯病发生影响的初步分析[J].中国烟草科学,2012,33(6): 93–96.
- [10] 黎妍妍,覃光炯,王林,等.清江流域烟区烟草青枯病发生的土壤营养因素分析[J].南方农业学报,2018,49(4): 656–661.
- [11] 施河丽,向必坤,彭五星,等.调节植烟土壤酸度防控烤烟青枯病[J].中国烟草学报,2015,21(6): 50–53.
- [12] 张甘霖,龚子同.土壤调查实验室分析方法[M].北京:科学出版社,2012.
- [13] 河南省土壤普查办公室,魏克循.河南土壤[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [14] 河南省土壤肥料工作站,河南省土壤普查办公室.河南土种志[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [15] 黎妍妍,张翔,许自成,等.河南烟区土壤养分状况分析[J].安徽农业科学,2006,34(10): 2207–2208.
- [16] 王贻鸿,赵云峰,孔凡玉,等.不同 pH 下胞外多糖和脂多糖对烟草青枯菌根部定殖的影响[J].中国烟草科学,2017,38(5): 24–31.
- [17] 顾钢,纪成灿,方树民,等.烟草主栽品种对青枯病抗性反应[J].云南农业大学学报,2002,17(2): 130–133, 136.
- [18] 蓝富和,李鹏飞,卢鑫,等.基于抗青枯病的烤烟品种适应性及烟叶质量评价[J].湖南农业科学,2017(2): 13–17.
- [19] 巫升鑫,方树民,潘建菁,等.烟草种质资源抗青枯病筛选鉴定[J].中国烟草学报,2004,10(1): 22–24, 40.
- [20] 贾兴华,王元英,佟道儒,等.烤烟新品种中烟 100(CF₉₆₅)的选育及其应用评价[J].中国烟草学报,2006,12(2): 20–25.