

## 气象因子对油菜根肿病发生的影响

宋 炜<sup>1</sup>, 檀根甲<sup>1\*</sup>, 鲍周明<sup>2</sup>, 方春华<sup>2</sup>

(1. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036; 2. 黄山市农技推广中心, 黄山 242700)

**摘 要:** 根据安徽黄山市 2008-2012 年的气象资料和田间调查的病情, 采用逐步回归和通径分析法, 分析了气象因子与油菜根肿病发病率的关系。结果表明, 9 月份月均温、9 月上旬降雨量和 9 月下旬降雨量与根肿病发病率关系最密切。建立了油菜根肿病的预测模型。

**关键词:** 油菜根肿病; 气象因子; 逐步回归; 通径分析; 病害预测

中图分类号: S435.654

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)01-0097-03

### Influence of meteorological factors on occurrence of rape clubroot disease

SONG Wei<sup>1</sup>, TAN Genjia<sup>1</sup>, BAO Zhouming<sup>2</sup>, FANG Chunhua<sup>2</sup>

(1. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Center of Agricultural Technology Extension of Huangshan, Huangshan 242700)

**Abstract:** According to the meteorological data and field investigation of rape clubroot disease incidence during 2008-2012 in Huangshan city of Anhui province, the relationship between meteorological factors and rape clubroot disease incidence was analyzed by stepwise regression and path analysis. The result showed that important climate factors affecting the disease incidence of rape clubroot obviously were the average temperature, rainfall in first ten days and rainfall in the last ten days of September. A mathematical model for forecasting of disease epidemic was set up.

**Key words:** rape clubroot disease; meteorological factor; stepwise regression; pathway analysis; forecasting of plant disease

十字花科作物根肿病是十字花科作物重要病害之一。国内外对该病都进行了大量研究, 对病害的控制和防治起到了指导作用<sup>[1-4]</sup>。研究表明, 根肿病的发生发展与气象条件关系密切, 土温 20~24℃, 土壤高湿度有利于病害的发展, 大雨和流水可以使芸薹根肿菌在相当远的距离上传播<sup>[4]</sup>。安徽省皖南山区, 耕地多为黄红壤等酸性土壤, 适宜油菜根肿病的发生。20 世纪 90 年代以来油菜根肿病在黄山市开始发生, 之后连年发生, 逐步加重, 现在已成为当地油菜生产的一大病害。在皖南油菜产区发病面积达 10%~15%, 个别区域发病面积达 30%, 一般减产 10%左右, 重病田减产 40%~60%。为此, 针对安徽皖南油菜产区, 利用黄山市 2008~2012 年气象资料和油菜根肿病发病率资料, 采用逐步回归和通径

分析法, 分析了气象条件对油菜根肿病发病率的影响。

### 1 材料与方法

#### 1.1 病情调查

收集 2003-2007 年病情调查资料。于 2008~2012 年, 每年 12 月份, 选择不同型田, 调查 50 块油菜田, 五点取样, 每点随机调查 40 株, 共 200 株, 统计病株率, 以当年最高发病率作为病情指标。

$$\text{病株率}(\%) = \frac{\text{病株数}}{\text{总株数}} \times 100$$

#### 1.2 气象资料收集整理

收集黄山市 2008-2012 年 9-10 月份的旬均温、月均温、旬相对湿度、月相对湿度、旬降雨量、月

收稿日期: 2013-05-30

基金项目: 农业部公益性行业项目(201003029)和校学科创新团队建设项目(校 20132)共同资助。

作者简介: 宋 炜, 硕士研究生。

\* 通信作者: 檀根甲, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: tgj63@ahau.edu.cn

降雨量、旬照时数和月日照数 32 个气指标数据。

### 1.3 采用逐步回归和通径分析法分析发病率与气象因子的关系

**1.3.1 逐步回归分析** 逐步回归分析法, 在筛选变量方面较为理想, 故目前多采用该方法来组建回归模型。该方法从一个自变量开始, 视自变量对 Y 作用的显著程度, 从大到小地依次逐个引入回归方程, 但当引入的自变量由于后面变量的引入而变得不显著时, 要将其剔除掉。引入一个自变量或从回归方程中剔除一个自变量, 为逐步回归的一步。对于每一步都要进行 F 值测验, 以确保每次引入新的显著性变量前回归方程中只包含对 Y 作用显著的变量。这个过程反复进行, 直至无不显著变量从回归方程中剔除又无显著变量可引入回归方程为止<sup>[5]</sup>。

**1.3.2 通径分析法** 通径分析是在相关分析与回归分析基础上, 进一步研究因变量与自变量的数量关系, 并可将相关系数分解为直接作用系数和间接作用系数, 以揭示各个因素对因变量的相对重要性。比相关分析和回归分析更为精确, 使多变量资料的统计分析更为合理<sup>[5]</sup>。

**1.3.3 统计分析** 统计分析采用 DPS 系统进行<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 油菜根肿病田间消长规律

安徽省油菜根肿病主要发生在黄山市的屯溪区、徽州区、黄山区和歙县、休宁县、黟县和祁门县, 宣城市的旌德县和绩溪县。以黄山市区县受害最重, 发生面积最大。黄山市常年种植面积 36.8 万

hm<sup>2</sup>, 宣城市种植面积 66.2 万 hm<sup>2</sup>。发生面积逐年加大, 危害程度逐年加重。2003 年以来, 黄山市发病田块逐年增多, 田间发病率总体趋势也是逐年增加, 但年份间波动大(表 1)。

表 1 油菜根肿病发病率  
Table 1 Rape clubroot disease incidence

年份 Year	发病田块率/% The onset of field rate	平均病株率/% Average disease incidence	最高病株率/% The highest disease incidence
2003	0.11	1.05	5.67
2004	1.20	1.11	5.89
2005	1.82	2.03	7.80
2006	5.89	2.89	12.00
2007	9.06	7.12	21.07
2008	10.33	40.80	66.67
2009	28.96	10.33	45.78
2010	41.70	8.80	52.34
2011	71.10	19.49	54.40
2012	71.90	24.47	92.20

### 2.2 气象因子对油菜根肿病发病率的影响

根据 9-10 月份气象条件与其相对应最高发病率(表 2、表 3), 采用逐步回归, 分别入选因子。入选的气象因子有 9 月份月均温  $x_4$ 、9 月上旬降雨量  $x_9$  和 9 月下旬降雨量  $x_{11}$  共 3 个因子(表 4)。F=29776.6960, P=0.0043, 偏相关系数绝对值均大于 0.99。说明 9 月份月均温、9 月上旬降雨量和 9 月下旬降雨量与根肿病发病率关系最密切。其回归方程为:  $Y=137.84-3.63X_4+0.071X_9+0.0073X_{11}$  (决定系数  $R^2=0.99989$ , Durbin-Watson 统计量  $d=2.4925$ )。

表 2 9 月份气象要素  
Table 2 Meteorological data in September

年份 Year	温度/°C Temperature				降水量/mm Rainfall				日照时数/h Sunshine duration				相对湿度/% Relative humidity				发病率/% Disease incidence y
	上旬		中旬		下旬		月均	上旬		中旬		下旬		月均			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	
2008	25.0	26.9	25.5	25.8	299	5	159	463	5.6	6.5	7.5	6.5	83	79	72	78	66.67
2009	27.8	26.1	23.9	25.9	0	482	268	750	9.1	4.3	2.1	5.2	71	79	80	77	45.78
2010	28.4	28.0	20.7	25.7	60	84	484	628	7.3	6.7	1.5	5.2	75	75	82	78	52.34
2011	26.4	25.7	20.6	24.2	3	102	563	668	6.7	7.0	2.9	5.5	70	69	77	72	54.44
2012	25.0	21.6	21.4	22.7	488	230	294	1012	4.0	6.2	6.6	5.6	82	76	72	77	92.22

上旬 The first ten-day period of a month; 中旬 The middle ten-day period of a month; 下旬 The last ten-day period of a month; 月均 Average value of a month; 月计 Sum of a month. 下同 The same below.

进一步进行通径分析, 根据通径系数的大小和正负, 可以推断各个因子对因变量的直接影响和间接影响。结果表明, 9 月上旬降雨量的直接作用最大, 其次是 9 月份月均温, 9 月下旬降雨量直接作用最小(决定系数  $R^2=0.99999$ , 剩余通径系数 =0.00335)。间接作用最大的是 9 月份月均温影响 9

月上旬降雨量从而影响根肿病的发病率(表 5)。

### 2.3 模型检验

采用回归参数测验的检验法加以检验, 结果见表 6。以实测值为  $x$ , 估计值为  $y$ , 进行回归分析, F 测验其回归关系均达极显著水平。因此认为模型结构基本合理, 有一定的可靠性。

表 3 10 月份气象要素  
Table 3 Meteorological data in October

年份 Year	温度/°C Temperature				降水量/mm Rainfall				日照时数/h Sunshine duration				相对湿度/% Relative humidity				发病率/% Disease incidence y
	上	中	下	月均	上	中	下	月计	上	中	下	月均	上	中	下	月均	
	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{29}$	$x_{30}$	$x_{31}$	$x_{32}$	
2008	20.5	20.2	18.0	19.5	197	0	479	676	5.6	5.6	2.9	4.7	81	78	89	83	66.67
2009	21.4	18.8	19.1	19.7	1	38	20	59	6.8	5.4	8.1	6.8	68	72	68	69	45.78
2010	19.3	18.6	14.5	17.4	63	1285	196	1544	5.9	2.6	5.0	4.5	74	84	72	76	52.34
2011	19.0	19.4	17.1	18.5	92	399	390	881	3.9	5.3	3.6	4.1	73	75	79	76	54.44
2012	19.5	19.0	18.1	18.9	0	120	532	652	7.3	7.0	4.1	5.9	65	63	75	68	92.22

表 4 逐步回归入选因子  
Table 4 Included factors by stepwise regression

年份 Year	9 月月均温度/°C Average temperature in September $x_4$	9 月上旬降雨量/mm Rainfall in first ten-day period of September $x_9$	9 月下旬降雨量/mm Rainfall in last first ten-day period of September $x_{11}$	发病率/% Disease incidence y
2008	25.8	299	159	66.67
2009	25.9	0	268	45.78
2010	25.7	60	484	52.34
2011	24.2	3	563	54.44
2012	22.7	488	294	92.22

表 5 通径系数  
Table 5 Path coefficient

气象因子 Meteorological factor		直接作用 Direct action	$\rightarrow X_4$	$\rightarrow X_9$	$\rightarrow X_{11}$
9 月份月均温度	Average temperature in September $X_4$	-0.2755		-0.502	-0.012
9 月上旬降雨量	Rainfall in first ten-day period of September $X_9$	0.8349	0.1657		-0.037
9 月下旬降雨量	Rainfall in the last ten-day period of September $X_{11}$	0.0662	0.0513	-0.460	

表 6 模型检验  
Table 6 Model testing

年份 Year	实测值 Measured value	拟合值 Fitted value	拟合误差 Fitting error
2008	66.67	66.6036	0.0664
2009	45.78	45.8250	-0.0450
2010	52.34	52.3942	-0.0540
2011	54.44	54.3727	0.0673
2012	92.22	92.2544	-0.0340

### 3 小结与讨论

近 10 年来, 油菜根肿病发生面积逐年加大, 发病率逐年增加, 危害逐年加重。因此, 需进一步加强病害流行规律、预测预报和防治技术研究。采用逐步回归和通径分析法, 明确了影响油菜根肿病的气象因子主要是 9 月份月均温、9 月上旬降雨量和 9 月下旬降雨量。9 月上旬降雨量的直接作用最大, 但 2009 年和 2011 年的 9 月上旬降雨量较少, 发病率虽然比其他年份低, 但仍然较高, 可能原因是多种气象因子的综合作用, 尤其是 9 月下旬降雨量的

作用。利用气象因子作为预测因子, 建立了冬油菜根肿病流程序度的预测模型, 能充分、客观地利用信息, 预测较准确, 且所选的预测因子均为前期实况气候因子, 从而提高了预测的准确性、时效性和实用性, 为指导大面积防治提供了科学依据。由于油菜根肿病研究历史较短, 缺少系统性历史资料, 本模型仅用了近 5 年的历史资料, 尚需进一步检验和验证。

### 参考文献:

- [1] Donald C, Porter I. Integrated control of clubroot[J]. J Plant Growth Regul, 2009, 28(3): 289-303.
- [2] Strelkov S E, Tewari J P and Smith-Degenhardt E. Characterization of plasmodiophora brassicae populations from Alberta, Canada[J]. Can J Plant Pathol, 2006, 28: 467- 474.
- [3] Tewari J P, Strelkov S E, Orchard D, et al. Identification of clubroot of crucifers on canola (*Brassica napus*) in Alberta[J]. Can J Plant Pathol, 2005, 27: 143-144.
- [4] Dixon G R. Plasmodiophora brassicae in its environment[J]. J Plant Growth Regul, 2009, 28:212-228.
- [5] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2010.