

松材线虫入侵后马尾松根际土壤性质相关分析

李春艳, 张晓丽, 安树杰, 王震

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 通过松材线虫入侵林地内马尾松根际 (rhizosphere) 土壤物理性质、化学性质及林地地形因子调查, 利用典型性相关分析法分析土壤性质各因子和地形因子之间的相关性。发现速效 K 含量与海拔, 速效磷含量与坡向、破位以及有机质与坡度之间呈现强相关性; 土壤质地与海拔, 枯落物厚度与坡向, 含水量与坡度等之间表现出强相关性。另外通过对松材线虫入侵林地内松树根际和非根际土壤含水量显著性检验, 发现根际和非根际之间土壤含水量无显著性差异。

关键词: 松材线虫; 土壤物理性质; 土壤化学性质; 地形因子

中图分类号: S153

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0089-03

Relevant Analysis of Soil Characters in Forest Land Invaded by *Bursaphelenchus xylophilus*

LI Chun-yan, ZHANG Xiao-li, AN Shu-jie, WANG Zhen

(Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The physical and chemical characteristics of the rhizosphere soil under the Masson pine and the topography factors, where the forest land has been invaded by *Bursaphelenchus xylophilus*, were investigated and analysed through Model Relevant Analysis. It is found that the content of available K, the content of available P, organic have close relationship with altitude, aspect and vertical location, slope separately. While the soil texture, the forest litters and the soil water content have strong relativity with altitude, aspect and slope separately. In addition, no significance difference in soil water content was found between the rhizosphere and non-rhizosphere soil of Masson pine.

Key words: *Bursaphelenchus xylophilus*; physical characteristics; chemical characteristics; topography factors

在国外, 美、日等国松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*)^[7] 发生较早, 因此已在松材线虫抗 (感) 病机理、线虫生活史及与寄主、媒介昆虫的关系、生物防治和新技术等方面做了大量研究。我国于 1982 年在南京中山陵发现该病并开始相应研究。根据 2005 年 9 月的国家林业局公布的松材线虫病疫区, 江西、湖南、重庆、贵州等 4 省 (市) 的 10 个县 (市、区) 及江苏、浙江、安徽等老疫区省有 17 个县 (市、区) 被新划为疫区。届时, 我国松材线虫病疫区数量已达 80 个县 (市、区)^[9]。

由于土壤性质的变化直接影响林木的生长和林地生产力, 同样, 不同树种, 不同健康状况对土壤物理性质质量作用也不同。容重能综合地反映土壤结构、松紧度、孔隙度和土体内生物活动, 并影响土壤团聚体内营养元素的释放和固定。而其大小取决于机械组成、结构和垒结状况以及有机质含量等因素^[5]。水分是影响养分有效性的的重要因素, 影响根系的生长。根际是微生物活动特别旺盛的环境^[6], 根际含水量下降常引起根际土壤中的有效养分浓度发生不同方向的变化, 进而造成根际养分比例的严重失调^[5]。Jungk 等^[8] 发现根际含水量的下降造成了根际土壤磷、钾养分有效性的迅速降低, 只有水分状况适宜的条件下土壤养分才会发挥最大

作用。本文旨在研究松材线虫入侵林地土壤性质与地形因子等方面的特点。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

富阳市位于浙江省西北部, 市域介于北纬 29°44' ~ 30°12', 东经 119°25' ~ 120°09', 总面积 1 831.21 km²。富阳市属亚热带季风气候, 雨量充沛, 气候温和, 日照充足, 自然条件优越。年降水量丘陵山地多在 1 400 mm 以上。舟山市处于浙江省滨海岛屿地带, 地理坐标为北纬 29°32' ~ 31°04', 东经 121°30' ~ 123°25'。舟山群岛属丘陵地貌, 属北亚热带南缘季风海洋型气候, 常年气温较高, 年降水量多在 1 500 mm 左右, 年相对湿度 > 80%。根据浙江省对林业土壤的分类, 富阳市位于 II 浙西北天目山、乌龙山中山、丘陵黄红壤——棕黄壤区^[4], 以黄红壤、黄壤为主; 舟山市位于沿海平原、丘陵岛屿滨海盐土——黄红壤区的 1 浙东天童、舟山丘陵红壤——黄红壤亚区^[4]。

1.2 研究方法

采用野外调查观测采样与室内分析相结合的方法。本次外业调查在 10 个固定样地、4 个临时样地随机抽取地点进行,

* 收稿日期: 2006-09-01

基金项目: 973 国家重点基础研究课题“松材线虫入侵对森林生态系统结构与功能的影响” (2002CB111404)

作者简介: 李春艳 (1983-), 女, 黑龙江省鸡西市人, 北京林业大学硕士研究生, 主要研究方向为 3S 技术在资源与环境中的应用。

各样地感染松材线虫病的程度不尽相同。由于土壤氮素垂直迁移主要是在成壤作用下向表层富集^[2]，为使实验效果更理想，选择 A 层土作为研究对象。虽然枯落物层在土壤环境以外，但是森林枯落物层是实现森林涵养水源作用的主要作用层^[3]，与土壤的水分流动关系密切，因此也在研究范围之内。

调查方法：首先调查林地内各样地的坡度、坡位、坡向和海拔等信息。

挖剖面：每个固定标准地和临时标准地内，随机选择松树，在其根际挖宽 1 m 的土壤剖面，通过实际操作可知，其深度大部分在 60 cm 左右。观察量测并记录土壤物理性质信息。

取土：每个剖面内，在 A 层用实验用塑料袋取土约 1 kg 左右，封存，带回实验室，用于化学性质分析。容重测定采用环刀法^[7]，用环刀取自然土 3 份，用信封装好，并立即称量湿重。另外，在林内随机选取 5 个地点（非松树根际），每个点用环刀取自然土 1 份，用信封封存，立即称量湿重。土壤水分的测定采用烘干法^[1]。用烘箱烘干用于计算含水量和容重的土样，直到恒重。

说明：所有信封在使用之前统一称重，每 20 个称量一次，求平均值（所用天平精度为小数点后两位，故信封烘干前后重量差异忽略不计）。

数据处理：化学指标在实验室利用土壤学专用仪器测量，选取速效磷（mg/kg）、pH 值、全 N、速效钾（mg/kg）和有机质等指标。物理性质及地形因子：物理性质主要关注枯落物层厚度、A 层土厚度、土壤质地、根量、紧实度、石砾含量、平均含水量和容重。地形因子主要有坡向、坡位、坡度和海拔。水分计算时将根际和非根际测量值分别取平均值。根据外业实测数据，将坡向、坡位、土壤质地、根量及紧实度等文本资料数据化，便于统计计算。

2 结果与分析

2.1 数据表分析及方差分析

2.1.1 土壤化学性质数据表分析

从图 1 上可以看出速效 P、pH 值、全 N、速效 K 和有机

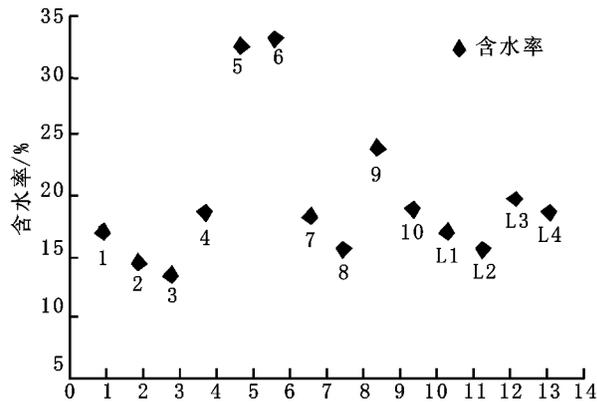


图 2 土壤 A 层含水量

2.1.2 土壤含水量统计分析

(1) 马尾松根际与非根际土壤 A 层含水率的方差齐性检验。采用莫萨斯 (Moses) 检验法对马尾松根际土壤 3 组和非根际土壤 5 组合含水量数据作方差齐性检验。结果如下：

表 2 Moses 方差齐性检验

C 值	C ₁ = 1.13	C ₂ = 10.93	C ₃ = 11.13		
No.	1	5	6		
D 值	D ₁ = 15.39	D ₂ = 8.76	D ₃ = 4.79	D ₄ = 12.51	D ₅ = 2.39
No.	8	4	3	7	2

质在各地的含量差异。速效 P 含量和 pH 值变化比较小，无大幅度波动。

表 1 标准地情况说明

地号	林分类型	地号	林分类型	地号	林分类型
1#	针叶林	6#	针阔混交林	L1#	针阔混交林
2#	阔叶林	7#	针阔混交林	L2#	针阔混交林
3#	针阔混交林	8#	针阔混交林	L3#	针阔混交林
4#	针阔混交林	9#	针叶林	L4#	针阔混交林
5#	阔叶林	10#	针阔混交林		

但是全 N、速效 K 和有机质各地的差异比较明显，并呈现出一定规律，其中有机质和速效 K 的变化趋势基本一致，而全 N 的变化要稍微复杂一些。从图 1 上可知，全 N 在 2#、5#、10# 以及 L2 和 L3 等样地出现小峰；速效 K 在 2#、5#、10# 样地出现小峰；而有机质含量则是在 2#、5#、6# 和 10# 样地出现峰值。

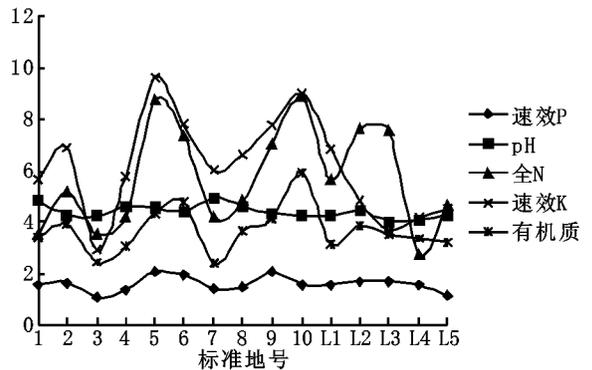


图 1 土壤化学性质变化趋势示意图

图 2 和图 3 所示，分别为土壤 A 层含水率和容重大小。图 2 中可见，5# 和 6# 样地的含水率偏高，这可能是由于采样期间，当地有降雨形成，对真实值产生了一定影响。而其他样地的含水率在 13.50%~24.10% 之间变化。图 3 中可见，5#、6# 和 10# 地的容重偏小，其他各样地容重在 1.14~1.49 g/cm³ 之间变化。

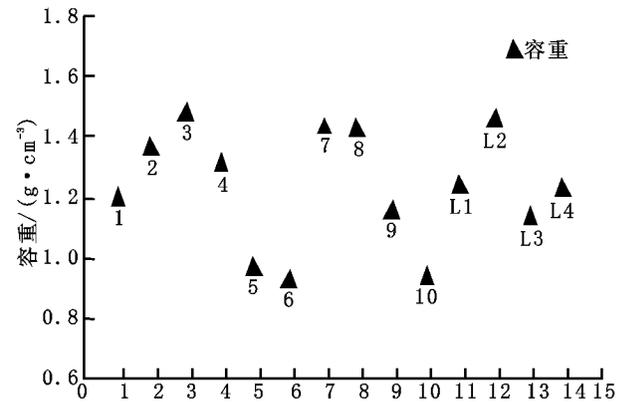


图 3 土壤 A 层容重

$$W = s - \frac{m_1(m_1 + 1)}{2} = 14 - \frac{3 \times (3 + 1)}{2} = 8$$

当

$$\alpha = 0.05, W_{\alpha/2} = W_{0.025} = 1,$$

$$W_{1-\alpha/2} = m_1 \cdot m_2 - W_{0.025} = 15 - 4 = 11$$

由 1 < 8 < 11，故，结论为不能拒绝 H₀，只能接受 H₀，两总体的方差是齐性的。故可作差异显著性检验。式中：W——检验统计量；C——根际土壤含水量 (X) 各组离差平方和；D——非根际土壤含水量 (Y) 各组离差平方和；s——X 组顺序号之和；m¹——X 组数据分组数；m²——Y

组数据分组数。

(2) 马尾松根际与非根际土壤含水率的差异显著性检验。用维尔科克松法作差异显著性检验, 结果如下: 则, 检验统计量 W 为:

$$W = s - n(n+1)/2 = 133.5$$

取

$$\alpha = 0.05, W_{\alpha/2} = W_{0.025} = 70$$

$$W_{1-\alpha/2} = W_{0.975} = m_1 \cdot m_2 - W_{0.025} = 240 - 70 = 170$$

由 $70 < W = 133.5 < 170$, 故接受 H_0 , 马尾松根际和非根际土壤含水率无显著性差异。

表 3 维尔科克松法差异显著性检验

X	13.10	10.70	12.20	14.20	12.50	14.40	14.00	14.70	15.90	13.00	14.60	11.80
No.	16	2	10.5	22	13	23	21	25	32	15	24	8
Y	13.60	15.00	13.30	15.70	15.20	9.90	11.40	11.10	12.80	15.30	14.80	12.20
No.	19	27	17	31	29	1	6.5	4.5	14	30	26	10.5
Y	13.90	12.40	15.00	11.00	11.40	12.00	10.80	13.40				
No.	20	12	27.5	4.5	6.5	9	3	18				

2.2 典型性相关分析

X : 地形因子; Y : 化学性质; Z : 物理性质。对 YX 、 ZX 分别作典型性相关分析。

2.2.1 Y 、 X 典型性相关分析

典型变量一:

$$K_1 = 0.1442X_1 + 0.0147X_2 + 0.4999X_3 - 0.8539X_4$$

$$L_1 = 0.0616Y_1 + 0.2181Y_2 + 0.4848Y_3 - 1.4378Y_4 + 0.7635Y_5$$

相关系数为 0.9424, 说明地形因子的第一典型变量 K_1 对化学性质第一变量 L_1 影响最大。分别起主要作用的是 X_4 和 Y_4 , 即海拔和速效钾。说明海拔高度对速效钾的含量相关性高, 影响显著。

典型变量二:

$$K_2 = 0.6847X_1 + 0.6442X_2 + 0.3400X_3 - 0.0254X_4$$

$$L_2 = 1.2011Y_1 - 0.1021Y_2 - 0.3402Y_3 - 0.7363Y_4 - 0.1310Y_5$$

相关系数为 0.6257。说明地形因子的第二典型变量 K_2 对第二化学性质变量 L_2 具有显著影响。分别起主要作用的是 X_1 、 X_2 和 Y_1 , 即坡向、坡位和速效磷。说明速效磷的含量在坡向和坡位上受影响显著。

典型变量三:

$$K_3 = 0.5840X_1 + 0.5384X_2 + 0.6025X_3 + 0.0782X_4$$

$$L_3 = -0.4473Y_1 - 0.2067Y_2 - 0.3336Y_3 - 0.2649Y_4 + 0.9351Y_5$$

相关系数为 0.4101。第三地形因子综合变量与化学性质各变量中起主要作用的是 X_3 和 Y_5 , 即坡度和有机质。说明, 坡度对有机质的影响显著。

参考文献:

- [1] 马详华, 焦菊英, 温仲明, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复中土壤物理特性变化研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 17-21.
- [2] 侯永平, 段昌群, 何锋. 滇中高原不同植被恢复条件下土壤肥力和水分特征研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 49-53.
- [3] 李红云, 杨吉华, 鲍玉海, 等. 山东省石灰岩山区灌木林枯落物持水性能的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 44-48.
- [4] 叶仲节, 柴锡周. 浙江林业土壤[M]. 浙江: 浙江科学技术出版社, 1986.
- [5] 陈立新. 人工林土壤质量演变与调控[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 陈华葵. 微生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1988. 130-132.
- [7] Mamiyay, Kayoharat Description of bursaphelenchus lignicolus Nematode - e: Aphelenchoidiae) from pinewood and histopathology of nematode-infected trees[J]. Nematologica, 1972, 18: 120-124.
- [8] Jungk A, Claassen N. Availability in soil and acquisition by plants as the basis for phosphorus and potassium supply to plants[J]. Z pflanzenerna Boden- k, 1989, 152: 151-157.

典型变量四:

$$K_4 = 0.3953X_1 + 0.5845X_2 + 0.5248X_3 + 0.4761X_4$$

$$L_4 = 0.2955Y_1 + 0.5962Y_2 + 0.6176Y_3 - 0.8991Y_4 + 1.2475Y_5$$

相关系数为 0.2694。各综合变量中起主要作用的分别是 X_2 和 Y_5 , 即坡位和有机质。说明坡位对有机质的含量影响不大。

2.2.2 Z 、 X 典型性相关分析

典型变量一:

$$R_1 = 0.1194X_1 + 0.4115X_2 - 0.2046X_3 + 0.8801X_4$$

$$S_1 = 0.1923Z_1 + 0.1214Z_2 + 0.8678Z_3 + 0.3783Z_4 -$$

$$0.3844Z_5 + 0.0577Z_6 - 0.5349Z_7 - 0.2267Z_8$$

相关系数为 0.9235。在第一各综合变量中起主要作用的分别是 X_4 和 Z_3 , 即海拔高度和土壤质地。说明海拔对土壤地质的影响很显著。

典型变量二:

$$R_2 = 0.8944X_1 - 0.4061X_2 - 0.0035X_3 - 0.1874X_4$$

$$S_2 = 1.2257Z_1 + 0.2124Z_2 + 0.0453Z_3 + 0.0005Z_4 -$$

$$0.0296Z_5 + 0.1426Z_6 - 0.7397Z_7 - 0.2433Z_8$$

相关系数为 0.9820, 在第二各综合变量中起主要作用的分别是 X_1 和 Z_1 , 即坡向和枯落物层厚度。说明枯落物层厚度受坡向影响很显著。

典型变量三:

$$R_3 = 0.3113X_1 + 0.5229X_2 + 0.7794X_3 - 0.1491X_4$$

$$S_3 = -0.2376Z_1 + 0.3601Z_2 + 0.2930Z_3 + 0.2229Z_4 -$$

$$0.2426Z_5 - 0.0248Z_6 + 1.0271Z_7 + 0.3792Z_8$$

相关系数为 0.9967。在第三各综合变量中起主要作用的分别是 X_3 和 Z_7 , 即坡度和含水量; 说明坡度对土壤含水量影响最大, 这是符合实际情况的。

3 结论与讨论

从以上的分析中可以得出如下结论:

(1) 在所测试的化学性质各变量中, 速效 K、全 N 和有机质的变化趋势是比较一致的。而 pH 值和速效 P 在各个样地的所测值均无大幅度变化。在含水量偏高的样地, 其全 N、速效 K 和有机质的含量也是偏高的。

(2) 虽然马尾松根际和非根际土壤含水率两总体的方差呈齐性, 但是并无显著性差异。

(3) 在土壤化学性质与地形因子的相关性分析中, 速效 K 含量和海拔, 速效磷含量和坡向、坡位以及有机质和坡度呈现强相关性, 而有机质与坡位相关性不强; 在土壤物理性质与地形因子的相关性分析中, 土壤质地和海拔, 枯落物厚度和坡向, 含水量和坡度等表现出强相关性, 相关系数均超过 0.9。