

广东省亚热带森林土壤有机质 估测模式探讨

刘有美 高茂成

(林学系)

提 要

本文系对广东省亚热带森林土壤有机质估测模式的研究报道。在区内的南昆山、鼎湖山和石牌等地调查了八种植被类型中的69个标准地及龙门县油田林场的28个对照标准地,在调查和分析的基础上分别建立了土壤有机质含量、土壤有机质层厚度和林地单位面积有机质保存量的估测模式。影响土壤有机质形成的主导因子是植被类型、海拔高、植被总盖度、地形部位、坡向和母岩。估测模式精度均大于90%;复相关系数均在0.8以上,大于0.01水准上的R值;实测检验效果较好,理论值与实测值的平均偏差(S_e分别为4.61, 0.92和16.7)同模式剩余标准差(σ 分别为4.28, 0.94和20.4)相接近。

模式可作为林地有机质调查的直接工具,还为应用遥感图象间接判读森林复被下的土壤有机质提供方法上的依据。

前 言

调查土壤有机质状况是森林经营、更新和森林生态系统研究不可缺少的工作。但是,用常规方法进行有机质的调查测试,常要耗费很大的人力、物力和时间,不适应于森林外业调查工作。应用遥感图象调查土壤,国内外到目前为止也只能用直接判读法调查土壤的分类分布^{[1][2]},而对森林覆被下土壤的理化性质遥感图象不能直接判读。但遥感科学有运用间接判读的方法,本文遵循这一思想于1980年9月至1981年12月,先后在广东省龙门县南昆山、高要县鼎湖山和广州石牌等地调查了69个标准地,并在龙门县国营油田林场等地调查了28个实测检验标准地,运用“数量化理论I”进行统计分析,试图通过环境因子建立估测模式作为间接判读的手段,为运用遥感图象调查森林覆被下的土壤有机质探索新的途径。

应用数量化理论研究生物科学问题已日趋广泛。五十年代这一理论始用于计量社会科学,六十年代应用于自然科学也日益增多,尤其是日本,七十年代以来我国的气象^[3],林业^{[4][5][6]},地质以及环境和医学等学科也先后应用,而在土壤学研究方面尚未有报道,我们的应用也是一种尝试。

· 本文承徐燕千教授、曹天勋付教授和何昭珩讲师审阅与提出修改意见,在此一并致谢。参加调查计算的还有林学系一九八一届毕业生张炼辉、李采春、谭新生和杨森荣。

一、研究方法

(一) 调查方法

在调查区内的不同地形、不同海拔高度和不同植被类型下设标准地，调查地形、坡度、坡向、海拔高、母岩、植被类型、植物高、总盖度、枯落物量和有机质等10个因子，通过数量化理论I筛选出植被类型、海拔高度、总盖度、地形部位、坡向和母岩六个主导因子。以土壤有机质层厚度、有机质含量和单位面积保存量为依变量，所选出的因子为自变量，并按实际需要将各自变量因子分为若干类目：其中植被类型分山顶矮林草甸（海拔1050~1210米），阔叶林包括亚热带常绿阔叶林（海拔650~1050米），和亚热带季雨林（海拔200~700米），毛竹林（海拔400~750米），杉木林（海拔200~700米）马尾松林（海拔250~700米），针阔叶混交林（海拔150~400米）松桉疏林灌丛（海拔300米以下）和亚热带草坡（海拔150米以下）八个类型；植物高度分5米以下，5~10米，10~15米和15米以上四级；总盖度（乔木层郁闭度与灌草层覆盖度之和）分50%以下，50~100%，100~150%和150%以上四级；枯落物量*分250克/米²以下，250~500克/米²，500~1000克/米²和1000克/米²以上四级；海拔高分250米以下，250~500米，500~700米，700~1000米和1000米以上五级（广东南亚热带山地多在1200米以下）；地形部位分山顶、山坡、山谷和山麓四类；坡度分20°以下，20~30°和30°以上三级；坡向分东和东北，南和东南，西和西南以及北和西北四类；母岩分花岗岩类，砂砾岩类和页岩类三种；土壤因子共调查了有机质层厚度（厘米），有机质层内有机质含量（%）（用丘林法测定），有机质层土壤容重（克/厘米³）（用环刀法测定），并计算出单位面积有机质保存量（吨/公顷）。

(二) 统计方法^[1]

运用数量化理论I建立综合数学模式（估测因子得分表），对森林土壤有机质层厚度、有机质含量和单位面积保存量进行定量估测。

设因变量 y 依赖于自变量 X_j ($j = 1, 2, \dots, m$)， m 为自变量总个数。每个项目(X_j)可分 r_j 类 ($r_j \geq 2$)，则所有项目的类目数总和(P)可表达为：

$$P = \sum_{j=1}^m r_j$$

自变量的数据矩阵

$$X = \begin{pmatrix} \delta_1(1, 1) & \dots & \delta_1(1, r_1) & \dots & \delta_1(m, 1) & \dots & \delta_1(m, r_m) \\ \delta_2(1, 1) & \dots & \delta_2(1, r_1) & \dots & \delta_2(m, 1) & \dots & \delta_2(m, r_m) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \delta_n(1, 1) & \dots & \delta_n(1, r_1) & \dots & \delta_n(m, 1) & \dots & \delta_n(m, r_m) \end{pmatrix}$$

* 调查标准地3处1米²内枯枝落叶总量的湿重，并取样测定水分求干重，以平均值代表林地枯枝落叶量。

$\delta_i(j, k)$ 为第*i*个样本在第*j*项目第*k*类目的反应。

$$\delta_i(j, k) = \begin{cases} 1 & (\text{当第 } i \text{ 样本第 } j \text{ 项目的定性数据为 } k \text{ 类目时}) \\ 0 & (\text{否则}) \end{cases}$$

假定基准变量 (依变量) 与各项目、类目的反应遵从下列线性模型:

$$Y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) C_{jk} + \epsilon_i \dots \dots \dots (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

$$j = 1, 2, \dots, m.$$

$$k = 1, 2, \dots, r_j.$$

C_{jk} 是依赖于*j*项目之*k*类目的常数, 即为得分, ϵ_i 是第*i*次抽样中的随机误差。应用最小二乘法求 C_{jk} 的最小二乘估计 \hat{C}_{jk} , 于是得估测方程

$$\hat{Y}_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j, k) \hat{C}_{jk} \dots \dots \dots (2)$$

二、估测模式

(一) 运用“数量化理论 I” 统计与筛选因子, 建立有机层厚度 (Y_1)、有机质含量 (Y_2) 和单位面积有机质保存量 (Y_3) 三个估测模式, 模式的偏回归系数列表 1。据《0, 1》反应规则, 偏回归系数即为运用环境因子进行估测的得分值。估测因子的重要性以估测范围值 ($Rang = \text{Max}b_{ij} - \text{Min}b_{ij}$) 大小来衡量。由表 1 可见, 范围值最大的因子在 Y_1 为植被类型 (90.21), Y_2 为总盖度 (19.60), Y_3 为地形部位 (87.7) 最小的因子在 Y_1 为母岩 (9.11), Y_2 和 Y_3 为坡向 (0.99 和 9.81)。

(二) 模式的各个统计指标

估测模式的复相关系数 (R_m), 剩余标准差 (δ), 精度和理论值与实测值平均偏差 (S_o) 列表 2:

$$R_m = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (1Y - \hat{Y}_i)^2}{n-k-1}}$$

$$S_o = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{实}} - Y_{\text{理}})^2}{n-k-1}}$$

$n = 69$, k 分别为 5 和 6,

$n = 28$, k 分别为 5 和 6

表1 森林土壤有机质估测得分表

调查因素	类目指标	估 测 项 (有 机 质 土 层)		
		厚 度 (Y ₁) (厘米)	含 量 (Y ₂) (%)	保 存 量 (Y ₃) (吨/公顷)
植 被 类 型	亚热带草坡	0.00	0.0000	0.000
	松桉疏林灌丛	2.10	0.5590	11.779
	马尾松林	-7.86	1.0257	-10.577
	杉木林	-5.94	1.9097	-7.334
	毛竹林	16.10	-0.4237	53.945
	针阔混交林	-6.04	0.4070	-27.947
	阔叶林	2.55	0.3499	17.255
	山顶矮林草甸	-74.11	16.9903	-8.919
海 拔 高	250米以下	0.00	0.0000	0.000
	250~500米	-2.53	0.6380	-3.296
	500~700米	8.92	1.5620	50.385
	700~1000米	10.88	1.2904	55.311
	1000米以上	82.09	-14.3215	81.256
总 盖 度	50%以下	0.00	0.0000	0.000
	50~100%	-59.66	18.4188	63.874
	100~150%	-58.84	18.8384	69.088
	150%以上	-61.00	19.6000	70.000
地 形 部 位	山 脚	61.82	-17.0940	-87.703
	山 谷	70.78	-15.2280	-28.351
	山 坡	68.73	-15.2055	-31.618
	山 顶	69.11	-14.6535	-27.087
坡 向	东、东 北		0.0000	0.000
	南、东 南		-0.9861	-9.805
	西、西 南	/	-0.8724	-3.268
	北、西 北		-0.7613	0.830
母 岩	花 岗 岩 类	0.00		0.000
	砂 砾 岩 类	9.11	/	31.483
	页 岩 类	6.68		19.558

表2 模式统计指标

检验项目	Y_1 (厚度)	Y_2 (含量)	Y_3 (保存量)
复相关系数 (Rm)	0.8772**	0.8090**	0.8809**
剩余标准差 (δ)	4.280	0.9441	20.41
精度 ($1 - t_0\delta / \sqrt{n} \bar{y}$)	0.937	0.949	0.932
$Y_{理}$ 与 $Y_{实}$ 平均偏差 (S_0)	4.612	0.9202	16.69

$$t_0 = 1.96$$

$$R_{0.01} (63, 6) = 0.478$$

由表2可见,三个模式的精度都在90%以上,可靠性达到95%,复相关系数都大于0.01水准上的R临界值(0.478),说明估测值与实测值的差别很小。对28个实测标准地进行检验的结果, S_0 与 δ 非常接近,即理论值与实测值的平均偏差小于或接近模式的剩余标准差。

三、结论与讨论

(一)通过环境因子调查和运用数量化理论I,对森林覆被下的土壤有机层厚度,有机质含量和每公顷林地有机质保存量三个方面分别建立估测模式,模式的偏回归系数即为估测得分值。精度均大于90%; R_m 分别为0.8772、0.8090和0.8809,都大于0.01水准上的R临界值(0.478);经实测检验, S_0 分别为4.612、0.9202和16.69,与方程的剩余标准差(δ 相应为4.280、0.9441和20.41)很相近,估测模式显著有效。

(二)模式既可作为林地土壤有机质直接调查的估测工具,也为运用遥感图象进行间接判读提供方法上的依据。

1. 林地直接查算:在标准地或目的地段通过目测,确定表内各调查因子的类目指标,同一估测项各类目得分之和即为该项估测值。

例:某标准地测得植被类型为松栎疏林灌丛,海拔高<250米,总盖度50~100%,地形部位为山脚,坡向南,母岩为砂岩,则林地土壤有机质:

$$(1) \text{ 厚度} = 2.10 + 0 - 59.66 + 61.82 + 9.11 = 13.77 \text{ (厘米)},$$

$$(2) \text{ 含量} = 0.5590 + 0 + 18.4188 - 17.0940 - 0.9861 = 0.8977\%.$$

$$(3) \text{ 保存量} = 11.7790 + 0 + 63.8735 - 87.7029 - 9.8051 \\ + 31.4833 = 9.63 \text{ (吨/公顷)}$$

2. 遥感图象间接判读:在进一步编制出研究区内各估测因子的典型样片之后,便可根据遥感图象所提供的地面光谱确定估测因子的指标,得分表也就成为遥感图象间接判读的查算工具。这方面的工作有待进一步的研究,模式只为实现间接判读提供方法上的依据。

(三)模式中各因子在估测作用中的地位,按范围值所占百分比排列如下:

Y_1 (厚度) 为植被类型 (28.80%) > 海拔高 (26.72%) > 地形部位 (22.35%)

>总盖度 (19.26%) >母岩 (2.87%)

Y_2 (含量) 为总盖度 (28.25%) >植被类型 (25.09%) >地形部位 (24.62%) >海拔高 (20.64%) >坡向 (1.41%)

Y_3 (保存量) 为地形部位 (23.99%) >海拔高 (23.14%) >植被类型 (22.41%) >总盖度 (19.16%) >母岩 (8.62%) >坡向 (2.68%)

可见决定性的估测因子是植被类型、海拔高、总盖度和地形部位，而坡向和母岩的估测作用较小，母岩只占2.87和8.62%，坡向只占1.41和2.68%，若从模式中再削去母岩和坡向两个因子，虽对方程的精度有些影响，但可减少1/5~1/3的估测工作量，可以提供今后的研究参考。

(四) 用上下层的总盖度 (乔木层郁闭度与灌草层覆盖之和) 作为估测因子而不单独用乔木层郁闭度估测，是因为森林植被的上下层对土壤有机质的形成与积累都有重要的影响，但遥感图象 (包括黑白片，红外片和 multispectral 片) 能否对50%~150%的总盖度作判读区分，尚有待实践的验证。即使判读的区分度不明显，引起的误差也只是 Y_1 为3.54%， Y_2 为6.07%， Y_3 为2.41%，因为总盖度自50~150%的估测值本身差异甚小 (表1)。

(五) 象森林调查任务一样，估测模式的任务是以样本估测总体，而不是估计个体，因此对估测地段的选择要注意代表性和重复进行，才能保障估测精度。

参 考 文 献

- [1] 董文泉等：《数量化理论及其应用》，1—32，吉林人民出版社，1979年。
- [2] M. M. 科诺诺娃：土壤有机质，131—145，科学出版社，1966年。
- [3] 唐守正：在森林资源调查中应用数量化回归估测方法的误差估计，《林业科学》，15 (3) 1979：161—170。
- [4] B.π. 安德罗尼可夫：多波段宇航象片在土被研究中的应用，《土壤译丛》，(1) 1980：16—27。
- [5] 780工程林业组宜林地小组，利用遥感图象进行宜林地分类及其生产力估价的初步研究，《林业科学》(1) 1980：53—57。
- [6] 吉林大学数学系概率统计教研室。数量化方法在研究台风预报和森林生长中的应用，《吉林大学学报》，(1) 1973；
- [7] 陈楚莹等：湖南省会同县杉木人工林小气候的研究，《杉木人工林生态学研究论文集》，中国林业土壤研究所，1980：87—96。
- [8] 董明春等：数量化理论I在林木选优中的应用，《中国林业土壤研究所集刊》，第四集，21—39，科学出版社，1980。
- [9] Guijter J.J.de, 1977, Numerical classification of soils and its Application in Survey, Soil survey papers, No 12, 59—62, Soil survey Institute, Wageningen, The Netherlands.

AN INVESTIGATION ON THE ESTIMATED PATTERNS OF
FOREST SOIL ORGANIC MATTER IN SOUTHERN
SUBTROPICAL REGION, GUANGDONG PROVINCE

Liu Youmei Gao Maocheng
(Department of Forestry)

ABSTRACT

This article, was aimed to investigate the estimated patterns of forest soil organic matter in southern subtropical region, Guangdong province. 69 Sample-plots on eight cover types in were NAN KUN Shan, Ding Hu Shan and Shipai, and 28 control sample-plots in Youtian, Longmen County were chosen and designed for investigation. For the purposes of investigation and analysis, three estimated models, were established, the model of soil organic matter content, the model of the depth of soil organic matter layer, and the model of maintaining organic matter content of soil per unit of area in the forest soil. The main factors affecting soil organic matter formation and accumulation involved the following, types of vegetative cover, altitude, total degrees of vegetative cover, topographical site, aspect of slope and parent rock. The precision of these estimated models are greater than 0.9. Their correlation coefficients of estimated models were greater than 0.8, above the R value at level 0.01. Their effects in practical test were significant. The theoretical values and the residuals between means of measured values (Soil, 61, 0.92, 16.7 respectively) were based upon the means square of residuals models (4.28, 0.94 and 20.4 respectively). The models could be used as a direct estimating tool for the organic matter investigation in forest soil, and also as a method for indirectly reading the figures of remote sensing in soil organic matter under the forests.