

中国东部季风区土壤地带分布 与气候关系研究*

仪垂祥 刘开瑜 李天杰

(北京师范大学资源与环境学院, 国家教委环境演变与自然灾害开放研究实验室, 100875)

摘 要

本文提出中国土壤地带分布的气候指标 $R = \exp(-0.08T)[1 - \exp(-0.005P)]$; 并根据中国 659 个站点气候资料(1961—1970), 给出了森林土壤系列和草原土壤系列的 R 值分布; 得到了单独由气候因子决定的中国东部季风区气候土壤地带分布图, 发现它与中国土壤图和中国土壤区划图在整体上有较好的一致性; 讨论了它们差异的成因, 分析了土壤带的演变趋势; 然后给出了森林土壤垂直地带谱的计算公式, 通过个例计算发现它与实际土壤垂直地带分布吻合得相当好; 最后指出确定土壤带变化与气候变化滞后时间的可能性。

关键词 气候指标, 气候土壤地带, 敏感区, 早期信号, 滞后时间

1 引言

土壤是地表环境各圈层共同作用下的综合产物。在这些相互作用中, 气候因子是一快变量, 在成土过程中具有导向作用。自道库恰耶夫创立了地带性理论以来, 土壤与气候关系的研究取得了长足的进展。例如, 前苏联沃洛布耶夫提出土壤带的气候指标公式为^[1]

$$H_f = 43.2 \log P - T \quad (1)$$

其中 $T(^{\circ}\text{C})$ 是年平均温度, $P(\text{mm})$ 是年降水量。他用水文系数 H_f 和温度 T 把土壤带分为水文系列和热力系列, 并进一步研究了土壤腐殖质含量与 H_f 的关系曲线, 这使土壤带与气候关系的研究迈出了可喜的一步。美国 Jenny 对印度土壤有机质含量作了调查, 依此提出了土壤有机质含量与气候的关系为:^[2]

$$N = 0.55e^{-0.08T} (1 - e^{-0.005P/Q}) \quad (2)$$

其中 N 为土壤含氮量, Q 为大气饱和亏缺。中国刘多森依据温度升高化学反应速度加快的范荷甫规则研究了气候在成土过程中的作用^[3], 这在微观上把握土壤与气候的本质联

* 国家自然科学基金重点资助项目。

本文得到刘培桐教授的指导和鼓励, 同史培军教授、赵焯博士和王静爱同志进行过有益的讨论, 图由韦小宁同志清绘, 在此一并致谢。

收到修改稿日期: 1995-07-25

系是有效的。如何吸收前人的研究成果,给出中国土壤地带分布的气候定量指标是本文的主要目的。

2 气候指标

根据中国地面气候资料(1961—1970)¹⁾用公式(1)计算了水文系数 H_f 的分布,结果发现不同的土壤带没有确定的 H_f 区间对应。原因是显然的,在全球尺度上得到的公式(1)未必适合于中国这个区域尺度。另一方面,尽管用公式(1)解释前苏联土壤地带分布与气候的关系取得一定成功,但是中国同前苏联的地理环境差别很大。前苏联地处中高纬度地带,缺少热带土类,且有宽广的平原和相对一致的母质,而中国纬度跨度大,母质均匀性差,土类也复杂。

当我们在公式(2)的基础上,定义:

$$R = e^{-0.08T} [1 - e^{-0.005P}] \quad (3)$$

为气候指标时,发现中国土壤地带分布与 R 值的区间有明显的对应关系。在中国土壤图^[4]的每一土类分布范围内,用 20 多个站点资料的 R 值确定这一土类对应的 R 值分布范围。依此确定出森林土壤系列和草原土壤系列 R 值的分布(表 1)。黄壤和黄棕壤

表 1 中国森林土壤系列和草原土壤系列 R 值的分布

Table 1 R distributions of a forest sequence and a steppe sequence in China

系 列 Sequence	符 号 Symbol	名 称 Soil name	指标 R Index R
森 林 土 壤	I_1	砖红壤	<0.17
	I_2	赤红壤	$0.17-0.19$
	I_3	红 壤	$0.19-0.27$
	I_4	黄壤、黄棕壤	$0.27-0.39$
	I_5	棕壤、褐土	$0.39-0.65$
	I_6	暗棕壤	$0.65-0.9$
	I_7	漂灰土	>1.0
草 原 土 壤	II_1	灰漠土	<0.35
	II_2	棕钙土	$0.35-0.5$
	II_3	栗钙土	$0.5-0.85$
	II_4	黑钙土	>0.85

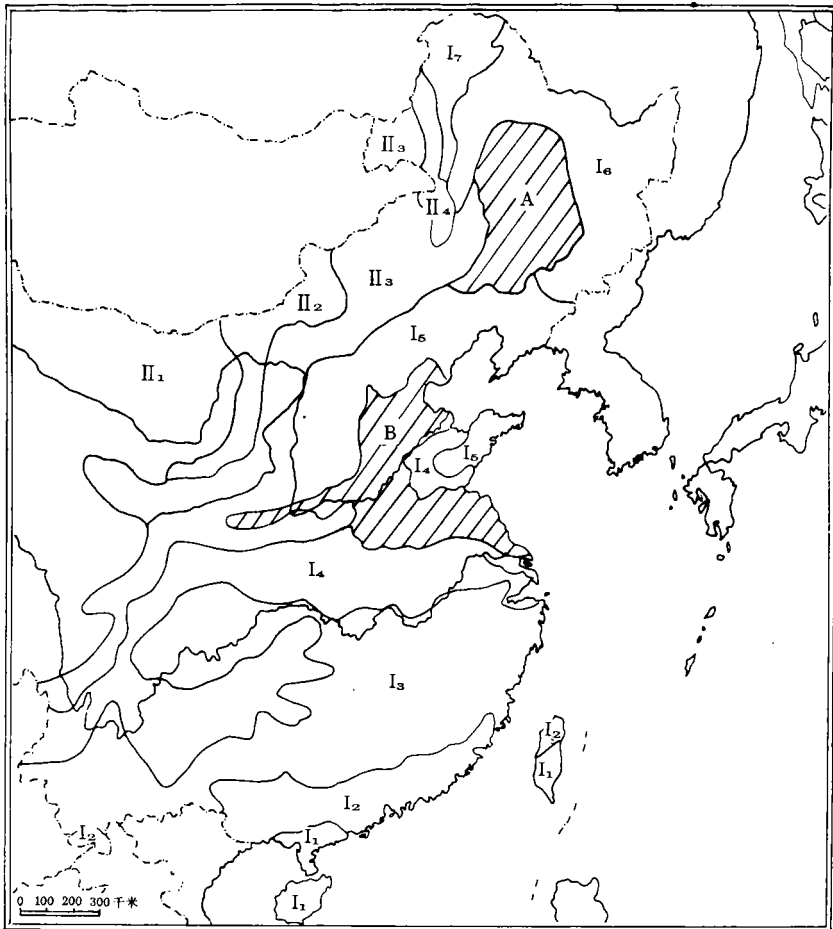
的 R 值之间没有任何明显的界值,故把它们划为一类。而黄壤、黄棕壤同红壤的 R 值却有一个十分明确的界值。令人惊奇的是,根据地面气候资料按 Jenny 公式(2)计算出中国土壤有机质含量并未发现明显有规律的情况,然而用修正后的公式(3)作同样的计算,却

1) 中国气象局,中国地面气候资料,1961—1970。

得到与中国土壤带类型对应的一个明确的 R 值区间分布。

3 气候土壤地带分布

用中国地面气候资料(1961—1970),取 10 年平均温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 和降水量 $P(\text{mm})$,按公式(3)对中国东部季风区土壤地带分布作了划分(图 1)。在图 1 中存在两块非地带性土壤 A 和 B,它们的边界是结合中国陆地卫星影像图^[5]来确定的。在森林土壤系列和草原土壤系列交汇地带 R 值是重叠的,这时两个系列的土壤带边界参照中国植被图^[4]来确定。除上述之外,图 1 中的土壤地带分布完全按表 1 给定的 R 值分布区间来确定。我们把主要按气候指标 R 划分的土壤带称为气候土壤地带。



I.带类型符号和表 1 相同, A、B 为非地带性土壤
图 1 中国季风区气候土壤地带分布示意图

Fig.1 A map of climatic soil zone distribution in the monsoon region of China

把图 1 同中国土壤图^[4]和中国土壤区划图^[6]进行比较,发现它们在整体上有较好的一致性。但在部分地区也存在着明显的差异,这些差异及其成因讨论如下:

(1) 四川盆地广泛分布着紫色砂泥岩,实际分布着的紫色土上是一非地带性的岩成土壤,而图1表明它与现代气候相容的地带性土壤大部分为红壤,据此红壤应是四川盆地紫色土演变的方向。但是应该注意到,目前还没有发现紫色土向红壤演变的证据,而在四川盆地却有黄壤出现。如果紫色土的演变方向为黄壤,这可能是由四川盆地的特殊性所致,即四川盆地湿度大,饱和亏缺小。换言之,在公式(3)中把饱和亏缺作为常数处理对四川盆地来说是不合适的。如果对四川盆地考虑了饱和亏缺的影响,其 R 值会变大,四川盆地亦会出现黄壤。

(2) 在云贵高原区,图1的红壤带和赤红壤带的南界比实际位置南移,其原因在于云贵高原抬升,气候随之转变为高原气候,原有土壤发生逆向演变。实际观测表明,高原上有些红壤和赤红壤已经变性。

(3) 图1中山东半岛的 I_4 与中国土壤图不一致的原因是,与其所处过渡性地理位置和历史时期气候带南北摆动有关。从结果看,与历史气候相容的土壤可能为 I_5 ,但与采用的气候资料相容的土壤应为 I_4 ,实际土壤 $pH < 5$,性质也接近于黄棕壤。

(4) 在黄土高原区实际存在着少部分灰钙土和黑垆土的分布,它们形成于黄土母质。因此,在图1中被归并为与其相似的棕钙土和栗钙土。

(5) 非地带性土壤 A 和 B(图1)分别处在东北平原和华北平原,由于地势低平,地下水水位高,故为水成或半水成土壤,所以其边界主要是结合中国陆地卫星影像图来确定的。另外,需要指出的是,在区域 A 中还包含着分布在较高地区的部分地带性土壤——黑钙土。

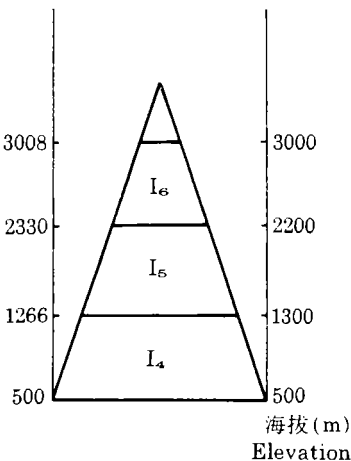
(6) 台湾省气候土壤带(图1)与全国土壤图不一致的主要原因是,所取气候资料的站点都处于低海拔高度,对于台湾垂直地带性分布特征没有代表性。

4 森林土壤垂直地带性

土壤垂直地带性主要是气候垂直地带性的结果,而气候垂直地带性主要是温度 T 和降水量 P 随海拔高度 H 有规律变化的表现。土壤垂直地带性在降水比较充沛的情况下表现得更为明显。这是因为在这种情况下植物生长的主要限制因子是温度,而温度 T 与山地的海拔高度差 ΔH 有一近似线性关系,即

$$T_i = T_0 - \alpha_T \cdot \Delta H_i, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

其中 T_0 和 T_i 分别为山地的土壤基带和第 i 个土壤带的上界温度, $\Delta H_i = H_i - H_0$ 是第 i 个土壤带的上界高度 H_i 与基带的上界高度 H_0 之差, $\alpha_T = 0.006^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1}$ 是温度垂直递减率。然而,降水量 P 随高度 H 的变化就不存在象(4)式那样简单的线性关系,而是一种复杂的非线性关系。



左边: 计算值(m). 右边: 观测值(m)

图2 秦岭南坡土壤垂直地带谱示意图

Fig.2 Altitudinal zonation of soils on the south slope of the Qingling Mountains

由(3)式可知,在 $P \gg 1000\text{mm}$ 时, $(1 - e^{-0.005P}) \rightarrow 1$, 因此,在基带降水量 $P_0 \gg 1000\text{mm}$ 的情况下,把(4)式代入(3)式,有

$$R_i = R_0 \cdot \exp(0.08\alpha_T \Delta H_i) \quad i = 1, 2, \dots \quad (5)$$

其中 $R_0 = \exp(-0.08T_0)$ 是基带上界气候指标。公式(5)可以用来描述森林土壤垂直地带谱。图2是秦岭南坡土壤垂直地带谱,左边数值是根据公式(5)和表1得到每一土壤带的上界海拔高度的计算值,右边为与其相对应的实际观测值^[7],可见二者吻合得相当好。

5 结语

1. 本文提出的气候指标 R 反映了在成土过程中的一种水热匹配关系,它可以用于中国土壤综合区划,并作为衡量气候作用的一种定量指标。

2. 按 R 值所作的气候土壤带分布图与中国土壤图明显不一致的区域正是地理环境演变的敏感区、复杂区。气候是一个快变量,土壤演变具有惰性。因此,可以把按 R 划分的气候土壤带看作在这些敏感区实际土壤演变的早期信号。

3. 按公式(3)可以得到一套完整的森林土壤地带谱,然而对草原土壤系列就未获得这样满意的结果。例如,对暖温带和中温带草原土壤系列就没有完全区分开,当然,这还与获取有关气候资料的站点少有关。

4. 公式(5)对森林土壤垂直地带谱给予了很好的描述,然而草原土壤垂直地带谱问题在本文未得到解决。它定量描述的难点在于降水量 P 随海拔高度 H 变化的规律还不够清楚,我们正在研究这个问题。

5. 气候变化在成土过程中起着主导作用,然而土壤的变化远远滞后于气候变化,确定这个滞后时间 t 对于根据气候变化预测土壤演变极为重要。解决这个问题的一个可能途径是:高原气候的变化与它的抬升几乎是同步的,而土壤垂直地带谱的变化速率远小于高原抬升速率;高原抬升速率是可观测的,如果通过代理资料或其它手段能够确定垂直地带谱的变化速率,就能够估计出滞后时间,因为水平地带性与垂直地带性具有相似性。

参 考 文 献

1. B.P. 沃洛布耶夫(杨景辉译),1958:土壤与气候。198—278页,科学出版社。
2. H.詹尼(李孝芳译),1988:土壤资源——起源与性状。425—432页,科学出版社。
3. 刘多森,1983:中国土壤分布与气候条件的联系。土壤学报,20(1):60—67。
4. 熊毅等,1986:中国土壤图集。9—10页,地图出版社。
5. 张兰生等,1992:中国自然灾害地图集。4—5页,科学出版社。
6. 席承藩、张俊民,1982:中国土壤区划的依据和分区。土壤学报,19(2):97—105。
7. 李天杰等,1983:土壤地理学。236—239页,高等教育出版社。

RESEARCH ON RELATIONS OF SOIL ZONAL DISTRIBUTIONS WITH CLIMATE IN THE MONSOON REGION OF THE EASTERN PART OF CHINA

Yi Chuixiang Liu Kaiyu and Li Tianjie

(Open Study Laboratory of Environmental Evolution and Natural Disasters, College of Resources and Environment of Beijing Normal University, and National Education Committee, Beijing 100875)

Summary

The climate index about the soil zonal distribution of China, $R = \exp(-0.08T) [1 - \exp(-0.005P)]$, is first put forward. Based on the climatic data from 659 observational stations in China, R distributions of a forest soil sequence and a steppe soil sequence are given, and a map of climatic soil zonal distribution in the monsoon region of the eastern part of China is obtained by the climatic index R , which is in general agreement with the Soil Map of China and the Soil Regionalization Map of China. Meanwhile, the directions of soil zonal evolution are analyzed, then a formula for the altitudinal zonal spectrum of a forest soil sequence is derived, which is demonstrated to be in quite well agreement with the actual situation. Finally, a possibility of determining the delay time of soil zonal change with climate change is pointed out.

Key words Climate index, Climatic soil zone, Sensitive region, Early sign, Delay time