

黔中石漠化地区生态恢复过程中土壤 养分变异特征

涂成龙^{1,2}, 林昌虎¹, 何腾兵², 陆晓辉²

(1. 贵州科学院, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州大学, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 黔中石漠化地区由于近年来农村经济水平的发展, 以及劳动力的大量转移, 农村人口对土地的依赖性减小, 使得原有部分石漠化地区处于一种自然或半自然的恢复状态。基于这种研究背景下, 采集了黔中石漠化地区处于恢复过程中的土壤表层样品, 进行室内理化分析。结果显示, 土壤有机质、全氮的累积量较多, 并以无明显石漠化地区土壤含量最高, 中度石漠化地区土壤含量最低。土壤全磷、全钾由于受到土壤母质条件的影响, 其变异较土壤有机质和氮素趋于平缓。土壤有效氮、钾含量水平较高, 而有效磷含量水平处于极低状态。

关键词: 黔中石漠化地区; 生态恢复; 土壤养分; 变异

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)06-0022-04

中图分类号: S158

Soil Nutrient Variation Features in Rocky, Desertified Areas Undergoing Ecological Restoration in Central Guizhou Province

TU Cheng-long^{1,2}, LIN Chang-hu¹, HE Teng-bing², LU Xiao-hui²

(1. Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, Guizhou Province, China;

2. Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou Province, China)

Abstract: Central Guizhou Province, where the economic development is being promoted, is receiving an influx of rural labor workers. The dependence of the rural population on land is declining. Consequently, some areas that had become rocky and desertified are in a process of recovery. With this background, the author gathered soil samples of surface layers and carried out chemical analyses. The results show: the accumulated quantity of soil organic matter and N is higher, and it is highest in areas without obvious rocky desertification and lowest in areas with moderate desertification evident. Bedrock material slightly influences the variation in total P and K. The amount of rapidly available N and K is high, while the amount of rapidly available P is very low.

Keywords: central rocky desertified area of Guizhou Province; ecological restoration; soil nutrients; variation

喀斯特石漠化 (Karst Rocky Desertification) 是指在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下, 受人类不合理社会经济活动干扰破坏, 造成土壤严重侵蚀, 基岩大面积出露, 土地生产力严重下降, 地表出现类似荒漠景观的土地退化过程^[1]。在贵州省碳酸盐岩广泛分布, 岩溶发育强烈, 境内出露的碳酸盐岩面积达 $1.25 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全省土地总面积 71.3%。全省 3.70×10^7 人口, 有近 90% 居住在岩溶地区。近年来, 由于岩溶地区地质和自然环境本身的特殊性和不合理的人类活动的影响, 贵州省岩溶地区土壤侵蚀日趋严重, 许多陡坡地段的地表土层流失殆尽, 出现了连片的裸露石山和半裸露石山的景象。据调查^[2], 贵州

省石漠化土地面积已达 $3.20 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占全省土地总面积的 18.44%, 而且每年仍以 3.50%~6.00% 速度递增。全省分布在岩溶地区的县(市)有 73 个, 其中有 32 个县(市)土地石漠化面积大于全省平均水平, 有 14 个县(市)土地石漠化面积大于 30%, 有 8 个县(市)石漠化状况非常严重, 土地石漠化面积大于 40%。

研究表明, 喀斯特石漠化形成的主要原因是人为过度地开发土地, 破坏了喀斯特地区脆弱的生态平衡, 从而导致整个自然环境向着荒漠化方向发展。但是, 在喀斯特地区由于其富足的水热条件和丰富的种质资源库, 只要排除或减少人为干扰, 喀斯特石漠化地区在一定的时段内有足够的能力进行自然修复^[5-8]。

收稿日期: 2004-05-18

资助项目: 贵州省科学基金资助项目

作者简介: 涂成龙 (1978—), 男 (汉族), 贵州松桃人, 硕士, 主要从事土壤侵蚀与防止方面的研究。电话: 13984873770, E-mail: chenglongtu@tom.com。

本文就是选择受人为干扰较小、处于自然或半自然恢复状态的黔中石漠化地区,研究在不同石漠化程度土壤上的养分变异特征,可为判断不同石漠化程度下生态自我恢复能力提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

黔中石漠化地区主要是指以贵阳为中心的花溪、乌当、白云等区域,地处东经 106°27′—107°03′。该区域地处苗岭中部,为长江流域与乌江流域的分水岭。地势起伏较大,四周高,中间低,呈盆状。在大地构造上,处于黔中隆起与黔南凹陷的过渡地带。地质构造复杂,东、西、南、北差异较大。东北部由一系列北东向褶皱断裂构成高大的山脊与峡谷,西部为南北向复式褶皱形成低丘和缓丘,中部为南北紧密褶曲的向斜构成盆地与谷地,东南为典型的地垒式台地。在总面积中,丘陵占 50.9%,山地占 38.3%,盆地和台地共占 10.8%。其中,海拔 1 200~1 400 m 的地区占该区域面积的 55.4%;海拔 1 000~1 200 m 地区占该区域面积的 38.3%。黔中碳酸盐岩广泛分布,出露面积占总面积的 71%。因碳酸盐岩分布广,岩溶地貌发育较为完全,主要类型有峰丛、峰林、溶丘、洼地和落水洞等;地下发育有溶洞和暗河。由于碳酸盐岩成土作用的缓慢性及喀斯特区域自然生态的脆弱性,该区的石漠化主要分布于碳酸盐岩岩溶地区。

20 世纪 70 年代末到 80 年代初,由于人口的不断增长,以及各种社会原因,该区大量地表植被遭到破坏,加上喀斯特地区自身生态环境的脆弱性,导致喀斯特生态失衡,石山裸露,土地生产力下降等一系列的石漠化现象。据现有资料显示^[5],黔中石漠化地区潜在石漠化面积有 884 km², 占总土地面积的 36.79%,轻度石漠化面积 1 013 km², 占总土地面积的 42.15%,中度石漠化面积 233 km², 占总土地面积的 9.68%;强度石漠化面积 97 km², 占总土地面积的 4.03%;极强度石漠化面积 11 km², 占总土地面积的 0.45%。

从整体上来看黔中地区石漠化程度并不严重。特别是自 20 世纪 80 年代末以来,黔中石漠化地区农村经济水平得到显著发展,以及劳动力的大量转移,农村人口对土地的依赖性减小,从而减少了人为对喀斯特地区的干扰,使得原有部分石漠化地区处于一种自然或半自然的恢复状态。主要表现为潜在石漠化土地面积和轻度石漠化面积分布较大,强度、极强度石漠化面积较小。因此,在黔中地区看不到大面积的石山裸露,而仅仅是局部裸露,或者呈现山体一半石

山裸露严重,而一半则灌木丛生。再者上部岩体裸露,下部有草甸覆盖。

黔中石漠化地区另外一个特征是土层较薄,厚度在 10 cm 以下的面积较大,在人为经济利益的驱动下,滥用土地,或者过度放牧,很容易使石漠化程度向着恶性方向发展。

1.2 样品采集与测定方法

在进行野外采样之前,为了保证野外采样的科学性和可比性,本研究综合了现有喀斯特石漠化程度的划分标准,并结合黔中喀斯特石漠化地区在生态恢复过程中的自然概况和特征,拟定黔中地区喀斯特石漠化生态恢复过程中程度划分标准(见表 1)^[3]。在进行野外采样时,采集多点混合样,并按四分法混匀对角取样。同时尽可能地保证所采样品为相同母质条件(碳酸盐岩)、灌草植被条件、以及相似地形条件下不同石漠化程度的土壤表层(0—20 cm)样品。另外采集乔灌草植被条件完整,生态环境未遭破坏的、碳酸盐岩上发育的土壤样品作对照(无明显石漠化)。

有机质采用高温外加热重铬酸钾氧化后,用容量法测定;土壤全氮采用开氏法测定;土壤水解性氮采用碱解扩散法测定;全磷采用氢氧化钠碱熔—钼锑抗比色法测定;有效磷采用 Olsen 法测定;全钾采用氢氧化钠熔融,火焰光度计法测定;速效钾采用乙酸铵提取,火焰光度计法测定。

表 1 碳酸盐类岩喀斯特区石漠化强度分级标准

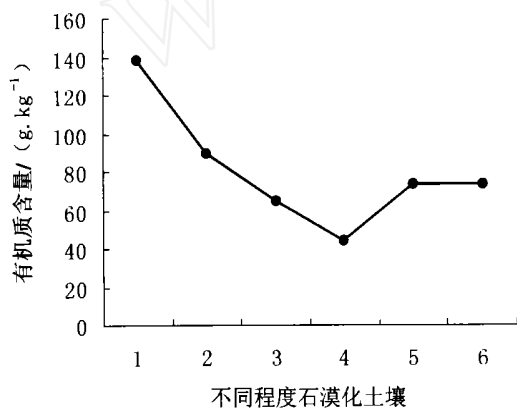
强度等级	基岩裸露/ %	土被/ %	坡度/ (°)	指标 + 土被/ %
无明显石漠化	< 40	> 60	< 15	> 70
潜在石漠化	> 40	< 60	> 15	50~70
轻度石漠化	> 60	< 30	> 18	35~50
中度石漠化	> 70	< 20	> 22	20~35
强度石漠化	> 80	< 10	> 25	10~20
极强度石漠化	> 90	< 5	> 30	< 10

2 结果分析

2.1 黔中地区不同石漠化程度土壤有机质变异特征

土壤有机质的最早来源是微生物,但随着生物的进化和成土过程的发展,动、植残体就成为土壤有机质的基本来源。花溪不同石漠化地区由于自然恢复程度不同,其有机质的累积途径亦不尽相同。轻度以上石漠化地区由于植被条件保存较为完整,并有相当数量的动物出现,有机质的积累包括各种动植物残体,以及植物的根系分泌物和微生物。而中度以下石漠化地区有机质累积的途径主要是灌草植物残体和根系分泌物。

从图 1 可知,黔中地区不同石漠化程度土壤在恢复过程中,随着石漠化程度的加深,有机质的积累呈下降趋势。但以中度石漠化地区在恢复过程中土壤有机质的积累达到最低点,而强度石漠化和极强度石漠化地区在其恢复过程中有机质的积累略有升高。其原因可能有 4 点。(1) 无明显石漠化地区由于受人为干扰较小,且生态条件较好,有机质处于长期不断积累状态,因此有机质含量最高;(2) 随着石漠化程度的加深,土壤侵蚀也随之加重,极不利于有机质的积累;(3) 中度石漠化地区在其恢复过程中,人为的放牧等干扰因素的存在,使得其在恢复过程中有机质的积累缓慢;(4) 强度和极强度石漠化地区,石头大量裸露,土壤堆积于石缝之间,不易受流水侵蚀,保存了较好的小生境条件,有利于有机质的积累,使得其在石漠化恢复过程中有机质的含量比轻度、中度石漠化地区略高。



1. 为无明显石漠化地区土壤的均值; 2. 为潜在石漠化地区土壤的均值;
3. 为轻度石漠化地区土壤的均值; 4. 为中度石漠化地区土壤的均值;
5. 为强度石漠化地区土壤的均值; 6. 为极强度石漠化土壤的均值。
(以下各图相同)

图 1 不同石漠化程度土壤有机质含量

2.2 黔中地区不同石漠化程度土壤氮、磷素变异

土壤最初是缺氮的,其氮素的积累,主要有 4 个方面:动植物残体的积累,有机、无机肥料的使用,土壤微生物的固定,随大气降水进入土壤。

黔中地区不同石漠化程度土壤的氮素累积途径由于受有机质累积途径的影响而各不相同:轻度以上石漠化地区的土壤由于其仍具有一定的生产力,且具有一定的植被条件和动物生存,氮素累积的来源包括以上所提 4 个方面。中度以下石漠化地区,由于没有完整的植被条件,加之土地利用价值较低,氮素的累积主要是灌草植被的残体、微生物的固定、加上极少量雨水所带入的氮。

氮素在土壤中的主要存在形态为有机态。因此,全氮的含量与土壤有机质的含量有密切的相关性。在图 2 中全氮含量的变化趋势与土壤有机质含量的变化趋势大致保持一致,即无明显石漠化土壤全氮含量比已产生石漠化土壤全氮含量高很多;土壤全氮含量的最低点出现在中度石漠化土壤中。这一变化趋势所产生的原因与土壤有机质变化的原因一致。而在图 3 中土壤速效氮的最高点为无明显石漠化土壤,这与土壤全氮含量有关,最低点则出现在轻度石漠化土壤中,可能是由于轻度石漠化地区坡体表面较为光滑,雨水接触坡体表面后,通过溶蚀作用带走了大量的土壤速效氮(水溶性氮)或向下迁移。中度以下石漠化地区土壤,基岩大面积裸露于土表,土壤存在于石旮旯之间,在没有大雨时,雨水仅是湿润土壤,或留存于石旮旯之间,并没有造成大量的速效养分的溶失现象。

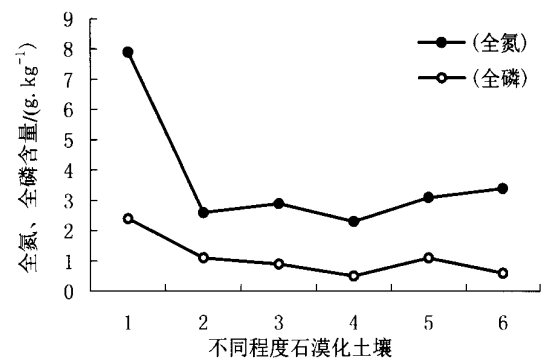


图 2 不同石漠化程度土壤全氮、全磷含量

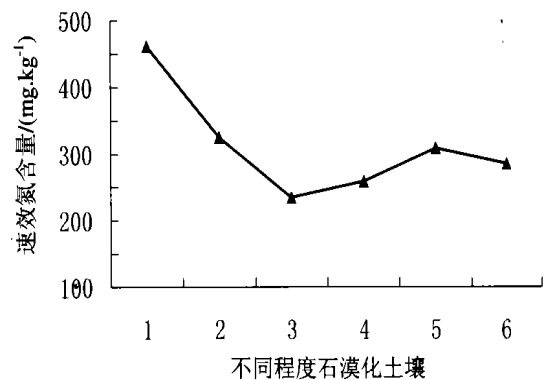


图 3 不同石漠化程度土壤速效氮含量

陆地生态系统中的磷除小部分来自干湿沉降外,大多数来自土壤母质。磷与土壤矿物质紧密结合,其循环主要在土壤、植物和微生物中进行。主要过程为植物吸收土壤有效态磷,动植物残体磷返回土壤再循环;土壤有机磷(生物残体中磷)矿化;土壤固结态磷的微生物转化;土壤黏粒和铁铝氧化物对无机磷的吸附解吸,溶解沉淀。

黔中石漠化地区土壤主要是发育在石灰岩之上,石灰岩母质的性质决定了土壤全磷含量的变化趋势。从图2中全磷的变化的曲线可以看出,不同石漠化程度的土壤在生态恢复过程中全磷含量变化趋于平缓,无明显石漠化土壤的最高含量与中度石漠化土壤的最低点相差仅0.1%。其原因可能与黔中石漠化地区土壤发育的碳酸盐母质、以及黔中不同石漠化程度地区土壤的物理侵蚀和土壤的发育时间有关。

2.3 黔中地区不同石漠化程度土壤钾素的变异特征

土壤钾素的主要供给源是土壤的含钾矿物,但含钾的原生矿物和黏土矿物只能说明钾素的潜在供应能力,土壤的实际供应水平则表现为含钾矿物分解成被植物吸收的钾离子的速度和数量。钾素在土壤中容易被土壤矿物吸附和固定,因此属不易流失元素。钾素在土壤中的存在形态有:矿物态钾、非交换性钾、交换性钾和水溶性钾,其中土壤交换性钾和水溶性钾属速效钾。碳酸盐类矿物由于自身所含含钾矿物较多,且钾素的损失主要为物理损失,因此钾素含量趋于稳定。从图4可知,土壤全钾含量的最高点出现在潜在石漠化土壤中,其余石漠化程度土壤钾素含量较为接近,这说明土壤钾素含量并不因石漠化程度的加深而减少,而主要取决于土壤母质本身和该地区土壤的抗蚀性。而图5中土壤速效钾的变化趋势与土壤有机质和氮素变化一致。这可能与有机质对钾离子的吸附有关。

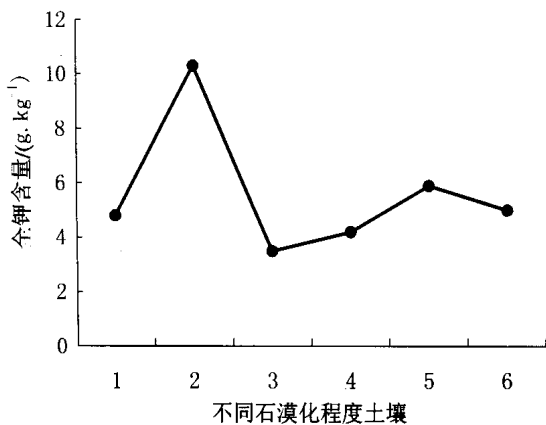


图4 不同石漠化程度土壤全钾含量

3 结论

3.1 从土壤养分的总量来看

土壤有机质最高含量(无明显石漠化的土壤)为138.3 g/kg,最低含量(中度石漠化的土壤)也在44.2 g/kg。说明黔中石漠化地区在恢复过程中有机质含量水平较高,这有利于土壤结构的改良,从而达到保水、保肥的功效。土壤全氮含量由于受到土壤有机

质含量的影响而变异明显:最高含量为7.9 g/kg,而最低含量仅2.3 g/kg,相差近3倍之多。但从土壤全氮的整体含量水平来看,黔中石漠化地区在其恢复过程中,土壤全氮的累积较高,这有利于土壤养分的储积。土壤全磷、全钾由于受到土壤母质的影响,其整体变异趋于平缓。

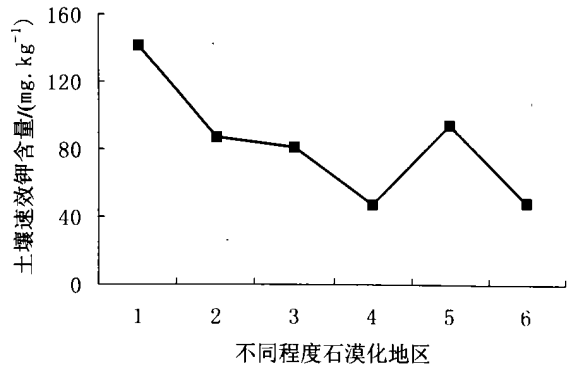


图5 不同石漠化程度土壤速效钾含量

3.2 从土壤有效养分含量来看

土壤有效氮的变异跟土壤全氮含量一样,变异程度较磷、钾明显:其最高含量为462 mg/kg,最低含量为235 mg/kg,之间相差近1倍。土壤有效钾的最高含量为142 mg/kg,最低含量为47 mg/kg,虽然最大值跟最小值之间相差近3倍,但其总体变异水平较为平缓。而土壤有效磷在用本文所采用方法分析,其值为痕量(本文未列出),这可能成为制约黔中石漠化地区自我恢复的瓶颈。

3.3 从土壤养分的变异水平来看

土壤有机质、氮、磷的全量水平都是无明显石漠化地区土壤最高,只有全钾含量的最高值出现在潜在石漠化地区的土壤中。这可能是由于土壤氮、磷主要以有机形态存在,并随着有机质的变化而变化。而土壤钾的含量主要受土壤母质影响,其变异特征与土壤有机质、氮、磷变异略有不同。此外,土壤有机质、氮、磷、钾无论是全量还是有效态的最低值都没有出现在极度石漠化土壤中,其原因可能是极度石漠化土壤主要存在于石旮旯之间,不易流失,养分的累积处于一种近似只进不出的状态。同时,由于喀斯特极度石漠化地区在原地质形成过程中,土壤流失严重,残存的土壤的本底值极低。再者,本次研究主要集中在不同石漠化程度地区在生态恢复过程中的表层土壤。因此,在石漠化地区生态恢复过程中极强度石漠化地区表层土壤的养分含量还略高于中度石漠化地区的表层土壤,而低于轻度石漠化土壤。

(下转第89页)

统的结构和功能,生态系统和景观的能量流、物质流等动态变化过程,水分、养分、生物循环过程,以及植被的自然演替规律;不同类型区实施生态自我修复需配套建设的重点工程;重点治理工程与大面积封禁在时间、空间、布局、面积、成效上的相互关系等。

在生态自我修复评价指标体系方面,由于我国水土流失分布面广,自然条件各异,类型复杂,生态自我修复的标准和目标也不尽相同,如湿润、亚湿润、干旱和半干旱地区,山区、丘陵区、平原和城区,应有不同的生态自我修复评价指标体系,需要研究不同类型区生态自我修复的时间周期和成效,良好生态环境的分析与评价指标体系,同时要全国范围的动态监测,及时掌握修复和变化状况等。

在生态自我修复分区及其技术路线方面,应根据生态自我修复的限制性要素,按区间差异性和区内相似性的划区原则,研究和划分生态修复区的类型区,以实施分类指导。不同类型区实现生态修复的技术路线或途径,如有的是以调整产业结构为突破口,有的以建设基本田为突破口,有的以生态移民为突破口等。

5.3 统一规划、分类指导、整体推进

实施生态自我修复战略,首先要统一规划,尽快完成《全国水土保持生态修复规划》,以统一指导思

想、统一目标,各省区按全国统一规划的要求编制本地区的水土保持生态修复规划,进一步明确目标、任务、总体布局、对策措施;其次是实施分类指导,根据生态修复不同类型区的特点,开展修复试点,在实践中探索和总结经验,示范推广;第三是分步推进,按先易后难、突出重点的原则,有步骤地推进全国水土保持生态修复工作。

[参 考 文 献]

- [1] 任海,彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 科学出版社,2001.
 - [2] 杨京平,卢剑波. 生态恢复工程技术[M]. 化学工业出版社,2002.
 - [3] 傅伯杰,陈利顶,等. 景观生态学原理及应用[M]. 科学出版社,2001.
 - [4] 孔繁德. 生态保护概论[M]. 中国环境科学出版社,2001.
 - [5] 彭少麟. 退化生态系统恢复与恢复生态学[M]. 中国基础科学,2001(3).
 - [6] 邬建国, J. L. Vankat, 高玮. 生态演替理论与模型. 当代生态学博论[M]. 中国科学技术出版社,1992.
 - [7] 王治国. 关于生态修复若干概念与问题的讨论[J]. 中国水土保持,2003. 10—11.
 - [8] 梁宗锁,左长清. 简论生态修复与水土保持生态建设[M]. 中国水土保持,2003(4).
-
- (上接第25页)
- ### 3.4 从土壤所含养分总量来看
- 强度和极强度石漠化地区土壤在其生态恢复过程中,单位土壤养分含量虽略高于中度石漠化的土壤,但由于土壤发生时间较晚,土壤剖面不完整,且仅存于石旮旯之间,土壤总量极少,因此土壤所含养分总量不高,植物营养后续不足。
- [参 考 文 献]
- [1] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶,2002,21(2):101—105.
 - [2] 贵州省人民政府. 贵州年鉴 2000[M]. 贵阳:贵州人民出版社,2000.
 - [3] 熊康宁,等. 喀斯特石漠化的遥感——GIS 典型研究[M]. 北京:地质出版社,2002.
 - [4] 周德全,王世杰,张殿发. 关于喀斯特石漠化研究问题的探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报,2003,22(2):127—132.
 - [5] 杨胜天,朱启疆. 贵州典型喀斯特环境退化与自然恢复速率[J]. 地理学报,2000,55(4):459—466.
 - [6] 龙脆玲,朱守谦. 喀斯特森林土壤种子库种子命运初探[J]. 贵州师范大学学报,2001,19(2):20—22.
 - [7] 喻理飞,朱守谦,叶镜中,等. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究[J]. 林业科学,2000,11(6):12—16.
 - [8] 喻理飞,朱守谦,祝小科,等. 退化喀斯特森林恢复评价和修复技术[J]. 贵州科学,2002,20(1):7—13.
 - [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983.
 - [10] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.