

四川紫色土退化的分类与分区*

黄成敏 何毓蓉 文安邦

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都, 610041)

提 要 四川紫色土耕地面积 406.1 万公顷, 占全省耕地面积的 36.5%, 属全省农业生产的主体区域。四川紫色土普遍退化, 退化分为物理性(含构造性)、化学性、营养性三类。用模糊综合评判方法, 评价了四川(主要为盆地丘陵区)紫色土退化的程度和状况。同时又建立了退化紫色土的分区原则, 将四川紫色土退化分布区域划分为 6 个退化亚区, 10 个退化小区。

关键词 四川 紫色土退化 类型 程度 分区

紫色土是四川最重要的农业土壤资源。四川紫色土耕地(不包括紫色水稻土, 即仅指旱地)面积 406.1 万公顷, 占全省耕地面积的 36.5%; 紫色土分布区又是全省农业生产的主体区域。由此紫色土对四川农业发展十分重要。一般认为, 紫色土是一种肥力较高的土壤, 但由于自然因素及人为因素的影响, 其肥力退化现象趋于严重^[1-3], 阻碍了农业生产的进一步发展, 加重了人多地少的矛盾和粮棉生产的压力。因此摸清四川紫色土退化类型、退化程度和分布范围, 探讨其退化机理, 寻求防治退化的措施和途径, 对四川农业发展具有明显的现实意义。

一、数据采集与分析方法

土壤退化表现出不同程度的土壤物理、化学及生物等性质的恶化^[4]。退化土壤的性质变化特征是土壤退化类型的区分标志。

以四川盆地丘陵区具有代表性的紫色土剖面 120 个, 测定了不同层次深度土壤的物理性粘粒(粒径 <0.01 毫米)含量, 孔隙度, 容重, 碳酸钙含量, pH 值, 有机质含量, 全氮、全磷、全钾、有效氮、有效磷、有效钾各自的含量, 阳离子代换量 13 项土壤主要理化性质^[5], 并以此作为研究紫色土退化的土性因子, 共取得 5000 余个原始数据, 建立了四川紫色土退化因子数据库, 还设立了“专家系统”^[6], 以确定紫色土退化指标体系及权重。

用模糊综合评判方法^[6], 探讨了四川(主要为盆地丘陵区)紫色土退化的发生、程度, 以及分类与分区等问题。

模糊综合评判计算, 运用 BASIC 语言编程, 在 IBM PC/XT 计算机上实现。

* 四川省应用基础研究专项经费资助项目(项目号: 894090)。

1) 专家系统的专家有七位, 即: 中国科学院成都分院系统的张先施、李仲明、刘国凡、成延鉴四位研究员, 唐时嘉副研究员和陈克明高级实验师, 以及四川省农牧厅李钦榜高级农艺师。对各位专家的指导, 谨表深切谢意!

本文收稿日期: 1993-06-11。

二、四川紫色土退化的分类与评价

(一)四川紫色土退化的分类

紫色土退化的具体表现形式有:土壤紧实化,土壤沙化,石骨子化,土壤粘重化,土壤瘠薄化,土层倒置,土壤石灰化,土壤酸化、毒化,有机质贫化,土壤氮磷钾素贫化及离子交换性弱化等^[1-3]。据此并按土壤退化发生的机制、过程^[7],可将紫色土退化分为如下三类:

1. 土壤物理性退化(即土壤物理性质恶化)的主要评价因子有:土壤物理性粘粒含量和容重等,土壤构造性退化的评价因子同此,故归入其中;
2. 土壤化学性退化的核心是土壤的酸化和石灰化,主要评价因子有土壤的 pH 值及碳酸钙含量;
3. 土壤营养性退化(指自然因素和人为因素造成的紫色土中营养物质流失或过度消耗,使营养元素含量低于植物正常生长需要的营养元素含量临界值)评价因子主要有:土壤的有机质含量,全氮、全磷、全钾、有效氮、有效磷、有效钾各自的含量及阳离子代换量等。

表 1 四川紫色土退化主要指标体系及分值转换方程¹⁾

Table 1 System of principal indexes and transformation equations of values in degraded purple soils in Sichuan Province

退化类型 ²⁾	评判因素	未退化 U_0		轻度退化 U_1		中度退化 U_2		重度退化 U_3	
		值域	转换方程	值域	转换方程	值域	转换方程	值域	转换方程
物理性退化	紧实化 容重 (吨/米 ³)	1.10—1.35	$80 + [20(1.35 - x)]/0.25$	1.35—1.45	$60 + [20(1.45 - x)]/0.1$	1.45—1.55	$40 + [20(1.55 - x)]/0.1$	>1.55	$(40 \times 1.55)/x$
	物理性粘粒 含量(%) ³⁾	<0	$80 - (x/5.0)$	0—0.5	$60 + [20(5 - x)]/6.0$	5.0—10.0	$40 + [20(10.0 - x)]/5.0$	>10.0	$(40 \times 10.0)/x$
	构造性退化 容重(%) ³⁾	<0	$80 - (x/0.1)$	0—0.1	$60 + [20(0.1 - x)]/0.1$	0.1—0.2	$40 + [20(0.2 - x)]/0.1$	>0.2	$(40 \times 0.2)/x$
	化学性退化 酸化 pH 值	5.5—7.0	$80 + [20(x - 5.5)]/0.5$	5.0—5.5	$60 + [20(x - 5.0)]/0.5$	4.5—5.0	$40 + [20(x - 4.5)]/0.5$	<4.5	$(40 \times x)/4.5$
营养性退化	有机质 含量 (克/公斤)	>15	$80 + [20(x - 15)]/5$	10—15	$60 + [20(x - 10)]/5$	10—6	$40 + [20(x - 6)]/4$	<6	$(40 \times x)/6$
	全氮 含量 (克/公斤)	>1.00	$80 + [20(x - 1.0)]/0.25$	0.75—1.00	$60 + [20(x - 0.75)]/0.25$	0.50—0.75	$40 + [20(x - 0.5)]/0.25$	<0.5	$(40 \times x)/0.5$
	全磷 含量 (克/公斤)	>1.0	$80 + [20(x - 1.0)]/0.5$	0.5—1.0	$60 + [20(x - 0.5)]/0.5$	0.2—0.5	$40 + [20(x - 0.2)]/0.3$	<0.2	$(40 \times x)/0.2$
	全钾 含量 (克/公斤)	>15	$80 + [20(x - 15)]/5$	10—15	$60 + [20(x - 10)]/5$	5—10	$40 + [20(x - 5)]/5$	<5	$(40 \times x)/5$
	有效氮 含量 (毫克/公斤)	>90	$80 + [20(x - 90)]/30$	80—90	$60 + [20(x - 80)]/30$	30—80	$40 + [20(x - 30)]/30$	<30	$(40 \times x)/30$
	有效磷 含量 (毫克/公斤)	>10	$80 + [20(x - 10)]/5$	5—10	$60 + [20(x - 5)]/5$	3—5	$40 + [20(x - 3)]/2$	<3	$(40 \times x)/3$
	有效钾 含量 (毫克/公斤)	>80	$80 + [20(x - 80)]/30$	50—80	$60 + [20(x - 50)]/30$	30—50	$40 + [20(x - 30)]/20$	<30	$(40 \times x)/30$
	阳离子 代换量 (毫克/公斤)	>80	$80 + [20(x - 80)]/30$	50—80	$60 + [20(x - 50)]/30$	30—50	$40 + [20(x - 30)]/20$	<30	$(40 \times x)/30$

1) x 为土壤中该项评判因素的含量或数量,得分值 >100 分者,按 100 分计。

2) 表中列出各退化类型的主要表现形式、评判因素及评判指标,其余略去。

3) 上下层之差。

(二)四川紫色土退化程度的评价

1. 模糊综合评判

1) 单因素评判矩阵 R 的确定

首先,确定评判对象因素集 X 。物理性退化因素集 X_1 有四个因素,即土壤的紧实化、沙化、石骨子化、粘重化四种表现形式。另将土壤构造性退化中不同层次的容重、土粒组成亦分别作为因素,归并在物理性退化因素集内。化学性退化因素集 X_2 有二个因素,即酸化和石灰化两种表现形式,可由土壤 pH 值确定。营养性退化因素集 X_3 有七个因素,即土壤有机质、全氮、全磷、全钾、有效氮、有效磷、有效钾各自的贫化。

其次,定出评语集 U . 现给出四种评语,分别是未退化 U_0 、轻度退化 U_1 、中度退化 U_2 、重度退化 U_3 .

最后,确定单因素评判的模糊矩阵 R . 对于物理性退化、化学性退化、营养性退化,模糊矩阵 $\{R_{ij}\}$ 的下标分别是 4×4 , 2×4 , 8×4 , 即 i 是因素集 $\{X_i\}$ 的数量, j 是评语集 $\{U_j\}$ 中评语的种类数量.

矩阵 R 可由三个步骤计算得出. (1) 确定各退化因素集各评判因素的等级标准,建立了四川紫色土退化指标体系(表 1); (2) 将各因素根据评判等级加以分值转换(由表 1 可见,土壤退化愈强,得分值愈小); (3) 构造隶属函数方程,将各因素得分值转换为各因素对评语集 $U(u_0, u_1, u_2, u_3)$ 的隶属程度. 得分值越大,则属 U_0 (未退化)的隶属度值越大;得分值越小,则属 U_3 (重度退化)的隶属度值越大.

2) 权重集 A 的确定

由于各退化因素对土壤退化影响的程度不一,其重要性也就不同,所以进行综合评判要确定各评判因素对土壤退化的权重. 这仍由有关方面专家就各评判因素的重要性打分,继而得出各项评判因素的权重值(表 2).

表 2 四川紫色土退化类型评判因子权重值

Table 2 Weighting values of evaluated factors of purple soil degradation in Sichuan Province

退化类型	物理性退化				化学性退化		营养性退化							
退化因素	粘重化	沙化或石膏子化	紧实化	构造性退化	酸化	石灰化	有机质贫乏	全氮贫乏	全磷贫乏	全钾贫乏	有效氮贫乏	有效磷贫乏	有效钾贫乏	离子交换性弱化
权重值	0.22	0.16	0.25	0.37	0.62	0.38	0.25	0.13	0.11	0.07	0.14	0.15	0.10	0.05

3) 综合评判

确定单因素评判矩阵 R 和权重集 A 后,经模糊运算 $B=A \cdot R$,得出综合评判评语集 B ,其 $b_j(j=0,1,2,3)$ 与 $u_i(i=0,1,2,3)$ 一一对应. 根据最大隶属原则,选取 b_j 中最大值为该土壤剖面的评语,即定出是否退化或退化程度.

土壤退化是各个因素综合影响的结果,需要整体性指标,故模糊运算采用 $M(\cdot +)$ 模型,即普通实数加法形式.

2. 模糊综合评判结果

用模糊综合评判方法,对紫色土退化的类型,便可作出评判结果(表 3).

表 3 四川紫色土退化的模糊综合评判结果

Table 3 Results of Fuzzy Comprehensive Evaluation of the purple soil degradation in Sichuan Province

退化程度	物理性退化		化学性退化		营养性退化	
	剖面数(个)	频率(%)	剖面数(个)	频率(%)	剖面数(个)	频率(%)
未退化	53	45.7	103	85.8	32	35.2
轻度退化	42	36.2	10	8.3	31	34.0
中度退化	11	9.5	7	5.9	22	24.2
重度退化	10	8.6	0	0	6	6.6
总数	116	100.0	120	100.0	91	100.0

因调查剖面的测定数据不全,所以剖面总数不一.

就物理性退化而言,在116个土壤剖面中,属物理性退化的63个,占剖面总数的54.3%,其中又以轻度退化(42个)为主,占物理性退化类型的66.7%。

就化学性退化而言,在120个土壤剖面中,属化学性退化的17个,占剖面总数的14.2%,以轻度退化、中度退化为主,两者分别占化学性退化类型的58.8, 41.2(%),没有发现重度退化。

就营养性退化而言,在91个土壤剖面中,属营养性退化的59个,占剖面总数的64.8%,其中主要是轻度退化、中度退化,分别为31, 22(个),各相应占营养性退化类型的52.5, 37.3(%),重度退化的6个,占营养性退化类型的10.2%。

另外,在作了综合评判的87个土壤剖面中,未退化的仅18个,占剖面总数的20.7%。这是说,79.3%的土壤剖面出现了不同类型、不同程度的退化。

由上可见,四川紫色土壤普遍存在着退化,主要是营养性退化和物理性退化类型,其中又以轻度退化、中度退化为主,化学性退化类型发生频率则较小。

三、四川紫色土退化的分区

(一) 区划原则

1. 发生学原则 土壤退化受成土母质、气候、地貌等自然因素及人类不合理利用等多种因素影响,是自然因素与人为因素相互叠加作用的结果。因而在一定区域内,相近的自然条件,相同的人类不合理利用方式,使土壤退化趋势具有一致性。

2. 主导性原则 多种土壤退化因素对土壤退化作用存在着强度差、时间差。由此在一定地区与某一时期内,一种或几种退化因素对土壤退化起主导作用,使当地土壤退化具有独特的退化类型和退化程度。

3. 综合利用原则 进行土壤退化分区最终是为了充分发挥土壤利用潜力,提高土壤生产力。因此最大限度地综合利用现有的各类农林牧分区,有利于全面而又经济地防治土壤退化。

4. 行政区域完整性原则 研究土壤退化的目的在于治理。遵循现有行政区域进行土壤退化分区,有利于运用行政力量从整体规划和综合措施上防治土壤退化。

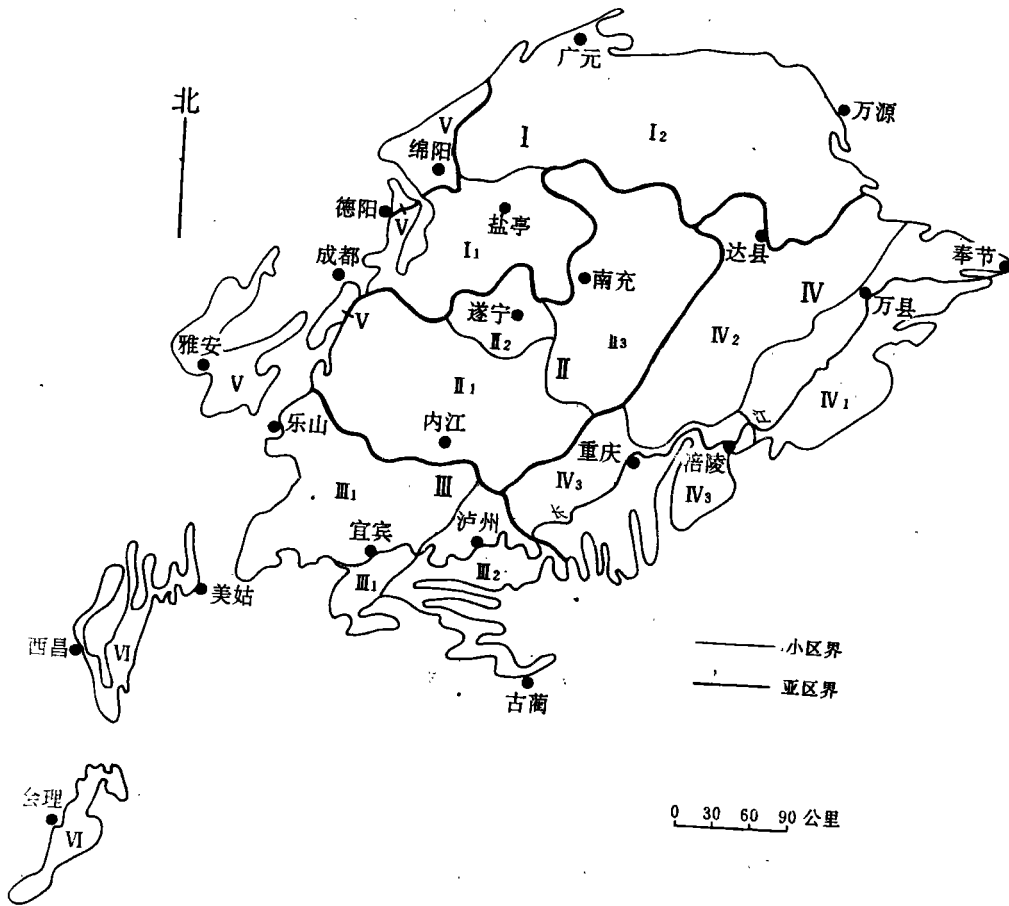
(二) 土壤退化区域划分

按照上述区划原则^[9],并运用四川紫色土退化指标体系的划类分级及模糊综合评判结果,将四川紫色土退化分布区域划分6个退化亚区,10个退化小区(附图、表4)。

现对各四川紫色土退化亚区概述如下。

1. 盆北亚区

主要包括广元大部分地区及绵阳、德阳部分地区。紫色土以黄红紫泥为主,呈中性或微碱性,碳酸钙含量较高。与Ⅰ,Ⅲ,Ⅳ三个亚区相比,本亚区紫色土退化程度较低。亚区内有2个小区:Ⅰ₁,绵阳小区存在着轻度营养性退化,主要表现为磷素贫化;Ⅰ₂,广元小区则以轻度物理性退化为主,退化特征主要为土壤瘠薄化和结构不良化(石膏子化),这可能与成土母岩以K₁c, K₁j的砂岩、砾岩为主有关。



附图 四川紫色土退化分区图

Figure Degradation regionalization of purple soils in Sichuan Province

I. 盆北轻度物理性、营养性紫色土退化亚区(盆北亚区):

I₁. 绵阳轻度营养性紫色土退化小区(绵阳小区); I₂. 广元轻度物理性紫色土退化小区(广元小区).

II. 盆中中度物理性、营养性紫色土退化亚区(盆中亚区):

II₁. 内江中度营养性紫色土退化小区(内江小区); II₂. 遂宁重度物理性、中度营养性紫色土退化小区(遂宁小区); II₃. 南充轻度物理性、营养性紫色土退化小区(南充小区).

III. 盆南轻度化学性紫色土退化亚区(盆南亚区):

III₁. 宜宾轻度化学性紫色土退化小区(宜宾小区); III₂. 泸州轻度化学性、营养性紫色土退化小区(泸州小区).

IV. 盆东轻度物理性紫色土退化亚区(盆东亚区):

IV₁. 万县中度物理性、轻度营养性紫色土退化小区(万县小区); IV₂. 达县轻度物理性紫色土退化小区(达县小区); IV₃. 重庆轻度物理性、营养性紫色土退化小区(重庆小区).

V. 盆西轻度物理性紫色土退化亚区(盆西亚区):

VI. 攀西中度物理性紫色土退化亚区(攀西亚区):

I. 盆中亚区

主要指内江、遂宁和南充等地区及乐山部分地区。紫色土主体是红棕紫泥和棕紫泥,一般呈微碱性或碱性,碳酸钙含量高。本亚区是四川紫色土退化最严重的地区。尤其是在 I₂ 小区,呈重度物理性退化、中度营养性退化,磷素贫化土壤面积占该小区土壤面积的 71.5%。典型剖面调查结果显示, I₂ 小区内有机质、全氮、全磷、有效氮、有效磷各自的含量分别是 9.0, 0.65, 0.5(克/公斤)、54.0, 4.0(毫克/公斤);土壤物理性质恶化更为显著;与其余 9 个小区相比, I₂ 小区土壤的板结化、瘠薄化及构造不良化等面积比均最高。

表 4 四川紫色土退化亚区

Table 4 The subregions of purple soil degradation in Sichuan Province

亚区名称		I. 盆北亚区	I. 盆中亚区	II. 盆南亚区	N. 盆东亚区	V. 盆西亚区 ⁵⁾	VI. 盆西亚区 ⁵⁾
自然条件	亚区面积(万公顷)	230	403	272	860	245	303
	与亚区面积比(%) ¹⁾	46	54	30	37	42	29
	地貌	低山、深丘为主,海拔 400—1200 米	中低丘为主,海拔 200—500 米	东部以低山为主,海拔 500—1200 米;西部以丘陵为主,海拔 400—500 米	平行岭谷为主,槽谷丘陵为主,海拔 200—500 米;低山区,海拔 500—800 米	平原与丘陵相间,海拔 500—1800 米	岭谷相间,海拔 600—3500 米
	紫色土成土母岩 ²⁾	K _{1c} , K _{1j} 的砂岩、砾岩	J _{2s} , J _{2ss} , J _{2p} 的砂岩、泥岩	T _{2sx} , J _{2s} , K _{2j} 的砂岩、泥岩	T _{2sx} , J _{1-2z} , J _{2s} , J _{2ss} , J _{2p} 的砂岩、泥岩	K _{2j} , K _{2g} 的砂岩、泥岩及砾岩	J _{2s} , J _{2p} , K _{2j} 的泥岩、砂岩及砾岩
	年降水量(毫米)	950—1100	900—1000	1000—1200	1050—1250	1000—1600	1200—1400
退化状况	干燥度 ³⁾	0.80	0.88	0.68	0.68	0.37—0.94	1.34—2.24
	有机质贫化面积比(%) ⁴⁾	0.1	1.4	—	—	—	—
	磷素贫化面积比(%)	7.3	66.0	38.8	29.4	—	—
	土壤酸化面积比(%)	—	0.6	15.0	1.4	0.6	—
	板结化面积比(%)	5.0	7.5	6.0	6.7	2.0	4.0
	瘠薄化面积比(%)	8.0	11.0	2.4	7.4	—	2.3
	结构不良化面积比(%)	6.1	7.2	2.3	5.6	—	—
	构造不良化面积比(%)	0.7	1.7	0.2	1.5	—	—

1) 与亚区面积比即亚区紫色土面积与亚区面积之比。

2) T_{2sx} 为上三叠统须家河组; J_{1-2z} 为下中侏罗统自流井群; J_{2s} 为中侏罗统沙溪庙组; J_{2ss} 为上侏罗统遂宁组; J_{2p} 为上侏罗统蓬莱镇组; K_{1c} 为下白垩统城陵岩群; K_{1j} 为下白垩统剑门关组; K_{2j} 为上白垩统夹关组; K_{2g} 为上白垩统灌口组。

3) 干燥度 = (0.7 × 年蒸发量) / 年降水量。

4) 面积比系指各类退化紫色土面积与全亚区紫色土面积之比。

5) 有些资料还未掌握,故不能详述。

II. 盆南亚区

主要包括自贡、宜宾、泸州等的大部分地区。代表性紫色土是红紫泥,另有少量灰棕紫泥、暗紫泥分布,一般呈酸性。本亚区主要是轻度化学性退化,尤以土壤酸化最为突出。典型剖面调查结果发现,亚区内平均 pH 值 5.7,酸化面积比(15.0%)明显高于另外三个亚区的酸化面积比。

IV. 盆东亚区

包括重庆、万县、达县等地区及涪陵部分地区,紫色土类型较多,有灰棕紫泥、暗紫泥、红棕紫泥等,pH 值变化范围较大.亚区内紫色土普遍存在着轻度物理性退化,土壤的板结化、瘠薄化、结构不良化(粘重化或沙化、石骨子化)和构造不良化等面积比较高,仅次于Ⅰ亚区,而高于Ⅱ,Ⅲ两个亚区.

V. 盆西亚区

位于绵阳—龙泉山—乐山一线以西,包括雅安地区和成都、德阳、绵阳的部分地区.

VI. 攀西亚区

位于金沙江和雅砻江之间,包括攀枝花和西昌的部分地区.

对 V 和 VI 两个亚区有待今后深入研究.

综上所述,四川紫色土退化分为物理性(含构造性)、化学性、营养性三种退化类型.研究表明,紫色土退化现象普遍,在四川盆地紫色土丘陵区以中度轻度物理性(含构造性)和营养性退化为主,分布面积广泛;化学性退化则在部分地区出现.紫色土退化分布区域划分为盆北、盆中、盆南、盆东、盆西和攀西六个退化亚区.各亚区紫色土退化程度和状况不同.

参 考 文 献

- [1] 何毓蓉等,1990,四川盆地丘陵区紫色土退化研究,Ⅰ.紫色土物理特性及退化特征,资源开发与保护,6(1),第3—7页.
- [2] 何毓蓉等,1990,四川盆地丘陵区紫色土退化研究,Ⅱ.紫色土退化的微形态特征,资源开发与保护,6(2),第67—70页.
- [3] 何毓蓉等,1990,四川盆地丘陵区紫色土肥力退化与防治,见文集:中国土地退化防治研究,北京:中国科学技术出版社,第350—354页.
- [4] 周生路等,1992,苏南地区土壤退化及防治,见文集:土壤环境变化,北京:中国科学技术出版社,第178—182页.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所,1978,土壤理化分析,上海:上海科学技术出版社,第10—120页.
- [6] 杨艳生,1985,模糊数学与土壤研究,土壤,(2),第90—96页.
- [7] 赵其国,1991,土壤退化及其防治,土壤,(2),第57—60页.
- [8] 陈实,1991,紫色丘陵区农业生态区划,见专著:中国紫色土(上篇),北京:科学出版社,第319—340页.

CLASSIFICATION AND REGIONALIZATION OF PURPLE SOIL DEGRADATION IN SICHUAN PROVINCE

Huang Chengmin He Yurong Wen Anbang

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences

& Ministry of Water Conservancy, Chengdu, 610041)

Abstract

The three types: physical (including constitutional), chemical and nutritive degradation had been classed according to the forms of soil degradation and the principles, process of degradation formation in the purple soils.

Taking advantage of the experts scoring and the standards related to assess soil degradation, the Index System to Evaluate the Purple Soil Degradation was set up. Meanwhile, the status and degree of the purple soil degradation in the hilly region of Sichuan Basin had been evaluated, by means of Fuzzy Comprehensive Evaluation. The results showed that the slight and moderate physical (containing constitutional), nutritive degradation are the major forms of purple soil degradation, and the occurrence frequency of the physical, nutritive degradation is 54.3, 64.8(%), respectively, and the slight and moderate degradation reaches 84.2, 89.8(%) of the occurrence frequency of the physical, nutritive degradation, separately.

Determined by the division principles and Index System to Evaluate the Purple Soil Degradation as well as the results of Fuzzy Comprehensive Evaluation, the distribution region of the purple soils was divided into 6 degradation subregions. The subregions are as follows: I. the slight physical and nutritive degradation subregion of the purple soils in northern Sichuan Basin; II. the moderate physical and nutritive degradation subregion of the purple soils in central Sichuan Basin; III. the slight chemical degradation subregion of the purple soils in southern Sichuan Basin; IV. the slight physical degradation subregion of the purple soils in eastern Sichuan Basin; V. the slight physical degradation subregion of the purple soils in western Sichuan Basin; VI. the moderate physical degradation subregion of the purple soils in Panzhihua—Xichang.

Key words Sichuan Province, purple soil degradation, type, degree, regionalization