

紫色土不同土体的土壤肥力综合评价*

成文 何毓蓉

(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 采用专家系统建立了土壤肥力综合评判体系, 应用模糊综合评判方法对不同土体的肥力进行了综合评判。评判结果表明, 不同质地层次的土体均为可级, 不同培肥土体均为优级, 以综合评价总分, 比较了不同土体肥力的优劣。简要分析了不同土体肥力差异的原因。由此为紫色土改良、防治其退化提供了科学依据。

关键词 紫色土 土体 土壤肥力 模糊综合评判

改变土体质地层次, 用有机质对土体加以培肥, 能提高不同土体的土壤肥力^[1,2]。现试图用模糊综合评判原理对紫色土不同土体的土壤肥力加以综合评价。评判对象、指标和数据等均同文献^[1,2]。模糊综合评判及其在土壤学中的应用已有较多文献报道^[3-6], 但用于模拟土体研究还不多见, 在此仅作初步尝试。

一、评价因素的选取、指标分级和权重

影响土壤肥力的因素很多, 如物理、养分、化学和生化等因素。土壤肥力与土壤酶活性有密切的关系, 土壤愈肥, 土壤酶活性愈强。土壤酶活性可作为土壤生产力(或肥力)的重要指标之一, 也可作为评价土壤质量的重要参数。

表1 专家系统评价指标强度分级

Table 1 The evaluation indexes levels of expert system for evaluating the purple soil fertility

评级	容重 (吨/米 ³)	有效水	全氮 (克/公斤)			有效磷 (毫克/公斤)			有机质 (克/公斤)	pH 值	酶活性 ¹⁾	
			全磷	全钾	碱解氮	有效磷	有效钾	有机质			蔗糖酶	碱性磷酸酶
优	1.2—1.3	>200	>1.5	>2.0	>25	>150	>20	>100	>20	6.6—7.5	>10.0	>2.0
良	1.3—1.4 1.1—1.2	150—200	1.0—1.5	1.0—2.0	15—25	120—150	10—20	80—100	15—20	5.0—6.5 7.6—8.0	8.0—10.0	1.0—2.0
可	1.4—1.5 1.0—1.1	100—150	0.5—1.0	0.5—1.0	10—15	80—120	5—10	60—80	10—15	8.1—8.5 4.6—5.5	4.0—8.0	0.5—1.0
劣	<1.0 >1.6	<100	<0.5	<0.5	<10	<80	<5	<60	<10	>8.5 <4.5	<4.0	<0.5

1) 蔗糖酶活性单位, 葡萄糖毫克/克·日, 碱性磷酸酶活性单位, 酚毫克/克·日。

为便于对土体模拟试验结果作出评价, 对影响土壤肥力的因素加以合理取舍、分类归并, 且在物理、养分、化学、生化四个第一级因素中, 选取 12 个肥力因素作为第二三级因

* 四川省应用基础研究专项经费资助项目(项目号: 894090)。

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毓、李仲明、刘国凡、成延鳌四位研究员, 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: 1992-06-11。

素,即评价因素。

将评价指标强度分级定为优良可劣四等。为使土壤质量评价更符合客观实际,对评价指标强度分级,由七位专家组成的“专家系统”确定。由此分别给 12 个肥力因素加以强度分级(表 1)。

12个肥力因素对土壤肥力的作用和贡献并不相同。因此就需对各个评价因素加以权重分配。权重分配系数仍由专家打分确定。接着对各位专家所给出的每个评价因素打分加以求和,再经归一化处理后就得到各个评价因素的最终权重系数。据因素集模型建立土壤肥力多层次的评判结构和权重(表 2)。

表 2 土壤肥力评判结构和权重分配

Table 2 The weight distribution of the evaluation indexes and evaluation system for evaluating the purple soil fertility

第一级		第二级		第三级	
评价因素	权重	评价因素	权重	评价因素	权重
物理因素	0.20	物理性	1.00	容重	0.41
				有效水	0.59
养分因素	0.60	全量养分	0.50	全氮	0.30
				全磷	0.17
				全钾	0.16
				有机质	0.37
		有效养分	0.50	碱解氮	0.34
				有效磷	0.36
				有效钾	0.30
化学因素	0.08	酸碱度	1.00	pH	1.00
生化因素	0.12	酶活性	1.00	蔗糖酶	0.46
				碱性磷酸酶	0.54

二、模糊综合评判原理

(一)一级综合评判模型的确定步骤

第一步,确定评判对象的因素集 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$;第二步,给出评判集 $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$;第三步,确定因素集论域和评判集论域之间的模糊关系 $R\{r_{ij}\}$,得到单因素评判矩阵;第四步,确定权重系数集 $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$,即模糊向量,通过模糊关系 R 和模糊向量 A 就可进行模糊矩阵的复合运算, $B=A \circ R$,其中 $B(b_1, b_2, \dots, b_m)$ 为评语集,即

$$(a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = (b_1 \ b_2 \ \dots \ b_m). \quad (1)$$

这就是综合评判的结果。再根据最大隶属原则,选取 b_i 中最大值者为评语等级。

(二)多级综合评判模型的确定步骤

第一步,将评判对象的因素集 X 按某种属性分成 s 个子集,即 $X = (x_1, x_2, \dots, x_s)$;第二步,对每个 x_i 子集按一级模型分别加以综合评判 $A_i \circ R_i = B_i$;第三步,再将每个 x_i 子集看作一个元素,用 B_i 作为它的单因素评判向量,对每个 x_i 子集在评判对象的因素集 X 中的重要性给出权重分配 $A = (a_1, a_2, \dots, a_s)$,并进行二级评判 $B = A \circ R$.

(三)综合评判模型的选择

为避免选择不当,造成评判上的缺陷,兹选择以下三种综合评判模型.

模型 I, 即 $M(\cdot V)$ 考虑了多种因素 r_{ij} 的修正系数,但在决定 b_i 时,并未考虑所有因素的影响,这属主因素突出型综合评判模型.

模型 II, 即 $M(\cdot \oplus)$ 考虑了所有因素的影响,以及影响因素的权重系数,属加权平均型的综合评判模型,其评判结果含各因素共同影响.

模型 III, 即 $M(\wedge \cdot \oplus)$ 也属主因素突出型综合评判模型.

三、模糊综合评判方法

据所确定的评价因素,用三级模型对土壤肥力加以模糊综合评判.

首先要建立单因素评判矩阵.不同专家对同一指标的分级界限存在着一定差异.各指标的实测值隶属度的表征用隶属函数 $r_{ij} = n/N$, 式中 n 为某一指标的实测值属于不同专家的同一级别的频数, N 为专家总数.于是就得到单因素评判矩阵.

其次要进行一二三(三个)级别的综合评判.对模型 I, III 的计算结果需经归一化后,得最后综合评判结果.根据最大隶属原则,确定土壤所属等级.为比较不同土体之间的优劣,以隶属度取加权平均方法来综合评判有关参数,并确定总评估名次.对肥力等级(即评价指标强度分级)优良可劣四等,分别取权分数 $w_1 = 100$, $w_2 = 80$, $w_3 = 60$, $w_4 = 40$, 并以

$$S = \sum_{j=1}^m b_{ij}^2 w_j / \sum_{j=1}^m b_{ij}^2 \quad (2)$$

来计算评判总分.

表 3 在小麦生育期内不同土体的土壤肥力综合评价结果

Table 3 The results of fertility integrated evaluation to different pedons of purple soils during wheat growing period

模型	M($\cdot V$)				M($\cdot \oplus$)				M($\wedge \cdot \oplus$)				总分	肥力等级
上砂下壤	0.19	0.26	0.29	0.26	0.21	0.21	0.39	0.19	0.25	0.27	0.28	0.19	66.96	可
上壤下砂	0.16	0.29	0.26	0.29	0.06	0.38	0.40	0.16	0.10	0.32	0.36	0.22	67.55	可
全壤	0.39	0.24	0.37	0	0.25	0.20	0.55	0	0.24	0.35	0.41	0	68.15	可
全砂	0.18	0.26	0.29	0.27	0.15	0.26	0.18	0.41	0.24	0.30	0.20	0.26	56.18	可
砂上	0.28	0.26	0.22	0.24	0.28	0.27	0.26	0.19	0.28	0.30	0.21	0.21	75.18	优
砂下	0.31	0.28	0.19	0.22	0.30	0.27	0.19	0.24	0.28	0.28	0.20	0.24	75.22	优
砂全	0.30	0.27	0.29	0.14	0.30	0.29	0.29	0.11	0.30	0.27	0.28	0.14	78.65	优
壤上	0.38	0.45	0.17	0	0.42	0.39	0.19	0	0.45	0.43	0.12	0	87.70	优
壤下	0.40	0.28	0.32	0	0.64	0.22	0.14	0	0.47	0.31	0.22	0	96.33	优
壤全	0.40	0.40	0.20	0	0.46	0.44	0.10	0	0.47	0.35	0.18	0	89.71	优

四、土壤肥力综合评判结果(表 3)

由表 3 可见,大多数土体的三种模型评判结果相当一致,最后的定级就毫无异议;少数土体的三种模型评判结果不大一致。后者据三种模型的评判特点,最后的定级则以模型 I 评判结果为主,并考虑其他两种模型的结果。

上砂下壤、上壤下砂、全壤和全砂四种土体的土壤肥力定为可级。由评判结果可见:上砂下壤和上壤下砂两种土体都缺乏养分,特别是有机质、全氮、碱解氮三者的含量均较低,在小麦生育期内的有效含水量也不高,碱性磷酸酶活性较低;与前两种土体相比,全壤土体的养分、有效水含量和酶活性均略高,但仍属略低范畴。

全砂土体和前三种土体相比在容重和有效水分方面差别不大,它们的主要限制因素是养分、全氮、有机质、碱解氮,都属劣等;全磷含量和碱性磷酸酶活性也较低。

与全砂、全壤相比,砂土和壤土(上下单层或全层)培肥后的土壤肥力明显好转,皆属优等,即土体培肥对提高土壤肥力有明显作用。由不同土体的单因素评判矩阵及一二级评判结果可见:砂土(上下单层或全层)培肥能提高土壤肥力,主要在于明显提高了有机质、全氮、碱解氮三者的含量,并大为提高了小麦生育期内的有效含水量,略为提高了碱性磷酸酶活性、蔗糖酶活性;壤土(上下单层或全层)培肥能提高土壤肥力,主要在于明显提高了有机质、全氮、碱解氮、有效磷四者的含量,大为提高了小麦生育期内的有效水含量及蔗糖酶活性、碱性磷酸酶活性。

土体不同,土壤肥力也不同;同类土体的土壤肥力也有差异。由综合得分可知,不同土体的土壤肥力顺序为:全壤>上壤下砂、上砂下壤>全砂;砂土和壤土培肥后的土壤肥力顺序为砂全>砂下>砂上、壤下>壤全>壤上。

参 考 文 献

- [1] 成文、何毓蓉,1993,紫色土不同土体的水热特征,山地研究,11(2),第 119—124 页。
- [2] 成文、何毓蓉,1993,紫色土不同土体的土壤养分和酶活性特征,山地研究,11(4),第 223—229 页。
- [3] 王光远,1984,论综合评判几种数学模型的实质及应用,模糊数学,(4),第 81—87 页。
- [4] 王克孟、马玉军,1992,生态指数法在土壤评价中的应用,土壤,26(6),第 289—292 页。
- [5] 王志忠、李忠魁,1987,土壤资源的模糊综合评判与模糊聚类分析,土壤通报,(5),第 199—202 页。
- [6] 杨艳生,1985,模糊数学与土壤研究,土壤,(2),第 90—96 页。

COMPREHENSIVE EVALUATION OF FERTILITY IN DIFFERENT PEDONS OF PURPLE SOILS

Cheng Wen He Yurong

*(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of Water Conservancy, Chengdu, 610041)*

Abstract

Determined by expert system, the comprehensive evaluation indexes to evaluate the fertility of purple soils were proposed, scaled, and the weight distribution of the indexes was established. and finally the comprehensive evaluation system to evaluate the fertility of purple soils were set up. The fertility in different pedons of purple soils was evaluated by means of fuzzy comprehensive evaluation.

The results indicated that the soil fertility of pedons of different textural solums reached moderate level, and that of pedons of different fertilized solums reached good level.

According to the total critical values, the fertility levels were ranges as: loam soil fertilized in lower layer > loam soil fertilized in whole solum > loam soil fertilized in upper layer > sandy soil fertilized in whole solum > sandy soil fertilized in lower layer > sandy soil fertilized in upper layer > loam soils in whole solum > soils of loam in upper layer and sand in lower layer > soils of sand in upper layer and loam in lower layer > soils of whole solum of sand. The results contribute to prevention of degradation in purple soils.

Key words purple soil, pedon, fuzzy comprehensive evaluation of fertility