

# 试用土壤水分特征曲线概化 法评价土壤结构性<sup>①</sup>

张妙仙 杨劲松

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

**摘要** 本文依据吸力高低,通过对土壤水分特征曲线的概化抽象,将土壤空隙分为通气性容量、供水性容量和持水性容量,并引入土壤结构量,采用三角坐标与土壤结构量等值线相结合的方法,对土壤结构特性进行分类评价。提出了土壤结构评价图及表。并据此分类评价方法,应用已有土壤水分特性曲线数据,对其土壤结构性进行了评价,评价结果表明该分类评价方法基本上与农田实际情况相符。该方法首次尝试,意欲对土壤结构性评价的定量化有所贡献。

**关键词** 土壤水份特征曲线;土壤结构;土壤结构量;分类评价

土壤结构是土壤肥力调节的基础,土壤结构是土壤质地、有机质、生物活动以及人类耕作措施等综合作用的结果<sup>[1]</sup>。土壤水分特征曲线是土壤吸力和含水量之间的关系曲线,它反映了土壤能量和数量之间和关系,更反映了土壤能量和空隙组成的关系。土壤水分特征曲线是土壤质地、结构、孔隙等物理特性综合作用的结果,是土壤物理特性的表征,它充分体现了土壤质地结构的差异,作为土壤物理性结构指标是无可非议的。为此,本文从土壤水分特征曲线入手,旨在对土壤结构进行评价分类,给出定量指标。

## 1 土壤水分特征曲线的概化和土壤结构量的吸入

要对许多土壤结构特性进行比较分类研究,则必须将作为土壤结构性指标的土壤水分特征曲线进行概化做出合理的抽象,提取可比较的特征量。考虑到作物正常生长的有效含水量、通气容量、田间持水量、土壤水分特征曲线测定的难易程度。将土壤水分特征曲线概化为3段式结构:

$A-0 \sim 900Pa$  容水量代表通气性孔隙(%);

$B-900 \sim 6000Pa$  容水量代表作物正常生长的供水性孔隙(%);

$C-6000Pa$  以上容水量代表作物持水性空隙(%);

土壤结构特性是通气性、供水性、持水性相互协调的结果,而且与总容水量相关。为此引入土壤结构量  $S$  的定义式:

$$S = A \cdot B \cdot C \cdot D \quad (1)$$

式中: $D$ —最大容水量代表土壤总孔隙(%);其它意义同前。

取通气性孔隙在 15%、供水性孔隙在 20%、持水性孔隙在 15%和总孔隙度在 50%时的土壤结构量为标准状态结构量:

$$S_0 = 15 \times 15 \times 20 \times 50 = 225000$$

① 本论文得到国家重点基础研究发展规划项目G1999011803的经费支持

则相对结构量

$$S_r = \frac{S}{S_0} \times 100\% \quad (2)$$

说明: (1)、900Pa 含水量意欲代表田间持水量。

(2)、6000Pa 含水量意欲代表障碍生长水分点<sup>[2]</sup>。障碍生长水分点是作物正常发育、稳产优质所需的最少土壤含水量。这些参考点的合理与否还有待更多试验资料的验证和完善。

## 2 土壤结构性评价分类三角形和土壤结构量等值线

以土壤水分特征曲线概化量  $A$ 、 $B$ 、 $C$  和土壤结构量  $S_r$  作为土壤结构性指标, 可对土壤结构进行分类评价。土壤结构量表示了土壤结构的优劣等级, 概化量表示了土壤结构属性, 二者结合可充分表征土壤结构的特点。

本文仿照质地划分三角形, 采用三角坐标法<sup>[1]</sup>, 以 50% 为满刻度进行分类。当分类归纳时, 首先应将概化值  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  做标准化处理。以确保在三角坐标上点的唯一性。标准化处理公式如下:

$$A' = 50 \frac{A}{D} \quad (3)$$

$$B' = 50 \frac{B}{D} \quad (4)$$

$$C' = 50 \frac{C}{D} \quad (5)$$

$$S_r = \frac{A' \cdot B' \cdot C' \cdot D^4}{50^3 \cdot S_0} \quad (6)$$

为了提高供水性孔隙的作用, 需对式中  $S_r$  进行适当修正。由于供水性孔隙  $B$  越大, 其结构越好, 所以修正系数  $K$  是个变量,  $K$  值随  $B$  的变化而变化。适当的  $k$  与  $B$  的函数关系可使该分类方法更加合理。当  $K$  为 1 时, 表示没有修正。为此, 本文从土壤储水特性入手导出  $K$  和  $B$  的函数关系:

$$\text{令 } K = -10 \cdot (\theta_s - \theta_{600}) \cdot \text{Ln} \left[ 1 - \frac{\theta_{90} - \theta_{600}}{\theta_s - \theta_{600}} \right] \quad (8) \textcircled{1}$$

$$\text{则 } K = -\frac{A+B}{10} \text{Ln} \left[ \frac{A}{A+B} \right] \quad (9)$$

据此可由土壤水分特征曲线的概化量计算其  $K$  值。 $K$  表示了土壤的储水特性,  $K$  越大储水性越好,  $K$  越小储水性越差

则修正后土壤相对结构量:

$$S_{rx} = K \cdot S_r \quad (10)$$

式中:  $S_r$ —土壤结构量;  $k$ —修正系数;

$S_{rx}$ —修正后土壤结构量。

然后以通气性概化量  $A'$ 、供水性概化量  $B'$  和持水性概化量  $C'$  分别为三角坐标。最后计算三角坐标内各点的土壤相对结构量  $S_{rx}$ , 并构绘其等值线。该图则可作为土壤结构性

① 张妙仙, 中国科学院、水利部水土保持研究所 1999 届博士学位论文, 次生盐渍化土壤潜水系统水—盐—作物产量动态模拟及调控, P52~54.

评价图。评价图为一偏心的三角形等值线网,如图1所示。图中三角坐标网和结构量等值线将图分为不同的区域。结构量等值线分级为5个等级。

$S_{rx} > 100$  优; 100 ~ 80 良; 80 ~ 50

中; 50 ~ 30 差; 30 ~ 0 劣。

区域分为持水区、供水区和通气区3区,各区又分为2型。分类共有5级3区6型21种土壤结构。各区、型、种划分如图1所示。图中方点线为各区划分界线,虚线为各型划分界线,粗实线为各土种划分界线,自里到外相对土壤结构量 $S_{rx}$ 分别为100、80、50和30,细实线为三角坐标网。

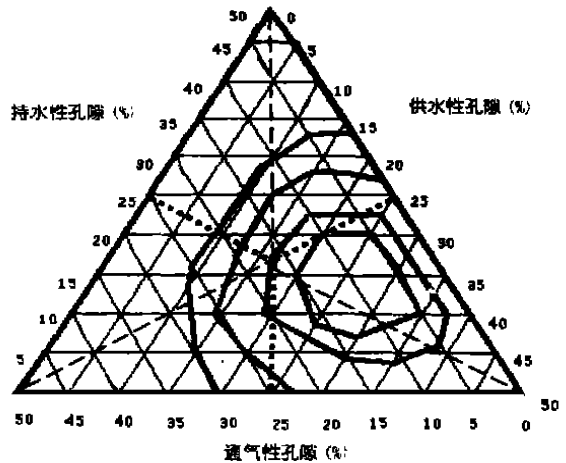


图1 土壤结构性评价三角网

### 3 评价应用结果

依据上述评级分类方法,将测定和收集的40多种土壤水分特征曲线进行概化评级(见文后附表1)。

三角坐标表示法与结构量等值线相结合,它可将很多个实验结果归纳在同一座标上,并能对多个测定值进行比较研究,对土壤结构特性作出合理的分类评价。该分类方法将影响土壤结构性的质地、孔隙、能量、容重、持水性都综合在一起,便于相互间的比较研究。将表1的评价等级与当地地力相比较可以发现本文首次引入的土壤结构量能较好地反应土壤结构性。该分类指标和方法较传统的依据质地、容重判别更加合理。

土壤结构量与质地、容重有关系。容重大,土壤结构量小,但容重小,土壤结构量并不一定小,还受其它因素影响,质地太砂和太粘其结构量都低,质地中等壤质,其结构量偏大,但也不一定。容重只是总孔隙的反应,质地只是颗粒级配,而本文引入的概化量则将孔隙及其比例都包容在一起,从而具有较好的表征。

土壤结构量采用土壤水分特征曲线分段相乘的形式,表示了各类孔隙的相互配比和作用,起到了均衡的作用。

此外,土壤结构状况与排水条件关系和耕作层次的关系也能由土壤结构量得到充分体现,上部耕作层相对结构量较大,犁底层较小。本文所测土壤种类不多,还有待更多资料来检验和完善这一方法。

### 参 考 文 献

- 1 姚贤良,程云生等编著.土壤物理学.北京:农业出版社.1986.84~99
- 2 [日本]土壤物理性测定委员会编.翁德衡译.土壤物理测定法.重庆:科学技术出版社重庆分社.1979.50~100.250~350
- 3 [苏]V. A. 柯夫达[匈]I沙波列散等著.中国科学院盐渍地球化学研究室译.土壤盐化碱化过程的模拟.北京:科学出版社.1986.38~54

附表 1 土壤结构性评价表

土层(cm)	A'	B'	C'	D	K	S <sub>r</sub> (%)	S <sub>rx</sub> (%)	评价等级	地点
0~20	19.5	5.6	24.9	47	0.633	47.175	29.893	劣	松村东南角
20~50	7.6	5.1	37.3	41.2	0.652	14.811	9.658	劣	
50~80	7	6	37	43.6	0.804	19.966	16.068	劣	
0~30	7.1	4.9	38	47.3	0.629	23.528	14.817	劣	松村洼地
30~68	34.1	9.4	6.6	43.3	1.059	26.441	28.003	劣	
0~30	9.6	6.7	33.7	40.8	0.862	21.356	18.428	劣	松村 2—3 渠间
30~80	32.5	10.4	7.1	46.3	1.191	39.210	46.701	差	
80~100	39.6	4.6	5.8	41.5	0.485	11.142	5.412	劣	
0~20	30.1	11.3	8.5	41	1.319	29.047	38.332	差	松村林地
20~50	30	10.5	9.5	42.2	1.215	33.743	41.012	差	
50~80	31.7	11	7.4	44.7	1.271	36.628	46.590	差	
0~20	13.2	7.8	29.1	44.5	0.975	41.774	40.731	差	松村耐涝试验地
20~50	11.8	9.7	28.2	40.2	1.289	29.971	38.660	差	
50~80	10.3	11.7	28.4	40.1	1.669	31.464	52.533	中	
0~16	10.9	13	26.1	47.1	1.8761	64.714	121.431	优	夹马口灌区中联
16~46	14.2	10.4	25.4	50.5	1.351	86.741	117.255	优	
46~80	6.1	18.2	25.7	44.3	3.358	39.071	131.224	优	
0~18	10.3	11.2	28.5	51	1.582	79.083	125.126	优	夹马口灌区冯留
18~47	6.4	16	27.6	44	2.806	37.664	105.692	优	
47~80	12.2	13.9	23.8	47.8	1.984	74.915	148.699	优	
0~24	14.5	10.1	25.4	52.4	1.300	99.713	129.663	优	夹马口灌区红旗
24~40	8.4	15	26.6	44.7	2.397	47.576	114.056	优	
40~80	10	16.2	23.1	45.2	2.523	55.537	140.150	优	
0~27	6.8	7.9	35.3	45	1.133	27.648	31.332	差	夹马口灌区曹家营
27~52	7.8	6	36.2	47.5	0.787	30.664	24.143	劣	
52~80	4.4	5.7	39.8	46.2	0.839	16.169	13.569	劣	
0~20	13.2	9.3	27.5	49.2	1.199	70.332	84.393	良	永济市关家庄
20~50	10.6	4.8	34.6	52.7	0.575	48.280	27.771	劣	
50~100	9.4	4.3	36.2	47.8	0.516	27.159	14.016	劣	
0~10	14.1	9	26.9	46.2	1.140	55.295	63.056	中	永济市朱家庄
20~50	16.4	7.2	27	48	0.858	60.174	51.687	中	
50~100	10.2	8.1	31.8	44.1	1.069	35.332	37.793	差	
0~10	14	9.3	26.6	50.5	1.186	80.087	95.055	良	沁县南池太里村河滩
10~20	9.1	10.4	30.5	41.7	1.486	31.033	46.120	差	
0~20	19.9	6.5	23.6	48.5	0.746	60.055	44.812	差	沁县徐阳
20~40	6.1	4.6	39.3	37.8	0.601	8.004	4.813	劣	
0~15	6.35	7.9	35.8	46.7	1.151	30.370	34.982	差	沁县迎春灌区下湿地
15~30	3.15	7.7	39.1	40.4	1.341	8.982	12.053	劣	
30~50	5.84	10.9	33.3	40	1.762	19.294	34.012	差	
50~70	6.8	7.9	35.3	37.8	1.133	13.765	15.599	劣	
	32.2	11.5	6.4	42.3	1.334	26.977	36.002	差	参考文献[3]
	23.9	10.1	15.8	54.9	1.198	123.189	147.634	优	参考文献[3]
	11.4	7.8	30.8	54.5	1.000	85.909	85.986	良	参考文献[3]
	6.2	11.6	32.2	51.6	1.877	58.372	109.582	优	参考文献[3]
	9.3	7	33.7	44.8	0.914	31.421	28.740	劣	参考文献[3]
	10.2	9.2	30.6	54.8	1.247	92.074	114.835	优	参考文献[3]
	5.3	1.6	43.1	50.5	0.182	8.451	1.538	劣	参考文献[3]
	2	3.5	44.6	63.5	0.556	18.048	10.041	劣	参考文献[3]