

准噶尔盆地温带荒漠土壤碱化分级的初步研究*

王周琼 李述刚

(中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所)

摘 要

准噶尔盆地温带荒漠碱化土壤是一种典型的脱盐碱化土壤,它受交换性钠(镁)和能产生水解作用的强碱弱酸盐水解引起的碱度的影响。在多年野外调查和碱化土壤特性研究的基础上,利用综合数值分析法对这些土壤进行了研究。提出了准噶尔盆地温带荒漠土壤碱化分级的具体指标和数据,并确定了水解性碱度为分级的第一重要指标。在推动和简化荒漠土壤分级上起了积极的作用。

准噶尔盆地处于欧亚大陆腹地,是一个典型的温带荒漠区。在这个地区的地带性荒漠土壤中广泛分布着荒漠碱化土壤,其主要类型是碱化灰漠土,它相当于美国分类中的碱化粘化旱成土(Natragids)。这种土壤是一种典型的脱盐碱化土壤,具有特殊的剖面形态:即在荒漠结皮下为浅灰白色淋溶A层,此层盐分含量低,pH值在9.0左右,紧接着是染着褐棕色胶漠的淀积B₁层,此层为碱化土壤的“诊断层”,其pH值较高,在9.5左右,水解性碱度亦很高,再下是B₂过渡层和石膏盐分淀积层。在多年野外调查和碱化土壤特性研究的基础上,我们提出了碱性水解盐类影响下形成碱化土壤的新概念,据此制定了土壤碱化分级的新指标——水解性碱度^[1]。本文利用综合数值分析法,对荒漠土壤进行了碱化分级的研究。

一、荒漠土壤碱化分级问题的提出

(一) 国内外研究概况

碱化土壤分级,在国际上大多数国家是采用美国的分级标准,即ESP > 15%, pH超过8.5,土壤脱盐和浸提液的电导率在25℃时小于4毫姆欧/厘米作为划分碱土的标准。随着碱化土壤的深入研究,苏联、匈牙利、澳大利亚等国都拟定和修改了自己的分级标准。特别是近年来各国专家日益感到采用综合研究碱化分级问题的必要性,因此进行了各种尝试,如美国曾提出了SAR作为划分碱土的指标;匈牙利土壤专家认为不仅需要看固定的碱化指标,还得参考自然相对肥力等指标。

* 本文为国家自然科学基金资助项目。

我国盐渍土分类研究中,土壤碱化分级标准一直沿用 $ESP > 20\%$ 作为划分碱土的指标。60年代田兆顺、李述刚等在研究碱化土中发现用 $ESP 20\%$ 作为划分碱土的标准显然偏低。李述刚、袁传铭(1964年)在下野地灌区碱化土大比例尺制图调查中,对照作物反应,总结了大量分析资料,提出了以 $ESP 40\%$ 作为划分碱土的标准^[2]。经过多年的工作,李述刚、王周琼(1982年)发表了“荒漠碱化土壤水解性碱度的探讨”一文^[1],提出了以水解性碱度作为土壤碱化分级的新指标,当水解性碱度 > 2.5 毫克当量/100克时划分为碱土,同时以 $ESP > 40\%$ 做为划分碱土的参考指标。卜兆宏、万洪富(1982年)首次采用综合数值分析法对黄淮海平原的瓦碱进行了研究^[3]。万洪富、俞仁培等(1983年)提出了残余碳酸钠 > 0.4 毫克当量/100克、 $ESP > 40\%$ 、 $pH > 9.6$ 时划分为瓦碱土。杨国荣等(1986年)提出了 $ESP > 47\%$ 为松嫩平原碱土标准^[4]。温带荒漠土壤的特殊自然条件和成土过程有别于其他地区,所以有必要进一步拟定一个划分荒漠地区的碱土标准。

(二) 荒漠碱化土壤的碱度来源

荒漠碱化土壤的碱度来源较复杂,既有交换性钠(或镁)的水解引起的碱度;也包括 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $MgCO_3$ 、 Na_2SiO_3 等强碱弱酸盐的水解作用所产生的碱度。因此只用传统指标 ESP 来划分就不够全面。而且荒漠碱化土壤含石灰和石膏,使交换性能测定十分困难。为此我们提出了水解性碱度这个新指标,用来划分在可引起碱性水解作用的钠(或镁)化合物影响下形成的荒漠碱化土壤。

二、样品和测定方法

(一) 土壤样品 采自准噶尔盆地,这些样品是碱土组多年工作采集到的典型的碱土、碱化土和非碱化土。

(二) 测定方法 1.水解性碱度:用无 CO_2 的水配制水:土为 2.5:1 的土壤悬液,磁力搅拌 5 分钟,放置 3 分钟,在搅拌下用标准酸在自动电位滴定计上直接滴定悬液,终点 pH 控制在 8.4。最后按消耗酸量计算为水解性碱度。2. pH :水:土为 2.5:1 的悬液的 pH 值。3.阳离子交换总量和分量:采用下野地速测法^[5]。4.可溶性盐分:用水:土为 5:1 的水浸液测定^[6]。

三、结果与讨论

(一) 应用综合数值分析法进行土壤碱化分级¹⁾

应用综合数值分析法^[3]对准噶尔盆地荒漠土壤进行了统计分析,确定了参加统计的土壤层次和分级指标,建立了主成分方程,绘制了土壤碱化分级的散点图和使指标数量化,现简介如下。

1. 参加统计的土壤层次和指标选择结果的讨论 如何选择参加统计的样品和参加统计的土壤层次对结果有很大影响,因此我们采用不同土壤层次参加统计,进行了对比研

1) 由本所计算机组姚桂荣协助计算,在计算过程中得到高志芳同志的帮助,深表感谢。

究,结果表明使用不同层次参加统计各有其优缺点。但从结果来看,所选择样品的典型性和足够数量的各种碱化土壤的样本数是决定因素。

(1) 按 A, B₁, B₂ 土层(约 40 厘米)加权平均的数据进行统计¹⁾,其优点是便于和耕翻了的碱化土壤进行比较。但因荒漠碱化土壤是一种典型脱盐碱化土壤, A 层为脱盐脱碱化层, B₂ 层为过渡层,有时在 B₂ 层盐分已开始增加,所以用 A 层和 B₂ 层参加统计其碱化特征都不典型。另外如固定了 40 厘米土层进行计算,遇到结皮荒漠碱土(龟裂碱土)时又会将盐分淀积层统计在内。这种方法统计的结果,使 pH 值和水解性碱度偏低。

(2) 按 B₁ 和 B₂ 层加权平均参加统计的结果表明,水解性碱度和交换性钠两项碱土划分指标偏高,其原因是由于受 B₂ 过渡层的影响。

(3) 按碱化土壤各层分别进行统计的结果,可以得出比较合理的分级指标界限。但在散点图中出现了强盐化土壤,其 ESP 虽然很高,但水解性碱度并不高,是这个方法的缺陷,故亦未采用。

(4) 按 B₁ 碱化层进行统计,是本文所采用参加统计计算的土壤层次。因为只有 B₁ 层的碱化特征比较典型,应视作为碱化土壤分级的“诊断层”。至于参加统计的分级指标,我们主要选择了与碱度有关的 6 项指标,即水解性碱度、pH、钠碱化度(ESP)、交换性钠、残余碳酸钠、钠吸附比(SAR)。

2. 主成分方程 31 个剖面, 6 项分级指标的数据进行计算后,建立相关矩阵,求出特征值和特征向量,进行主成分分析,结果如下:

Y_1 (水解性碱度碱化方程)和 Y_2 (离子比盐化方程)

$$Y_1 = 0.8089X_1 + 0.3910X_2 + 0.6196X_3 + 0.0280X_4 + 0.2129X_5 + 0.0234X_6 - 9.7101$$

$$Y_2 = -0.8831X_1 - 0.0384X_2 - 0.5131X_3 + 0.0667X_4 - 0.0185X_5 + 0.0086X_6 + 7.6386$$

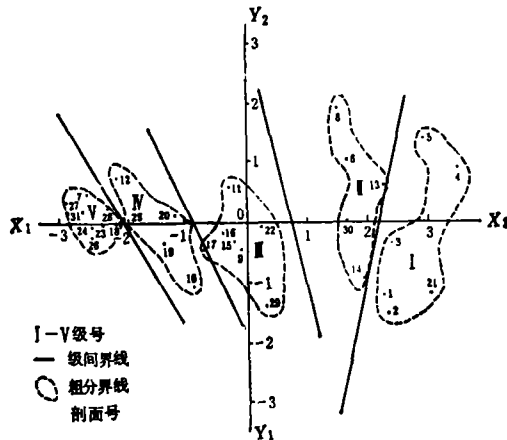


图 1 准噶尔盆地温带荒漠碱化土壤主成分值二维平面图

Fig. 1 Distribution of scattering points of the principal component value of desert alkaline soils in Zhunger Basin

1) 引自高志芳同志资料。

表 1 荒漠碱化土壤分级的性质界限指标

Table 1 The indexes of classification of desert alkalinized soils

指标权和权序 Weight of indexes and its order		T_1	(1) 0.4468	(2) 0.4389	(3) 0.4132	(4) 0.4003	(5) 0.3996	(6) 0.3421
		T_2	(4) -0.0438	(2) 0.1604	(5) -0.3421	(3) -0.0348	(6) -0.4362	(1) 0.8147
判别权% Discriminatory weight		分级界号	水解性碱度	ESP %	残余碳酸钠 meq/100g	代换性钠 meq/100g	pH	SAR
W_1	W_2							
82.45	17.55	I II	2.59	41.0	1.27	3.89	9.58	21.71
89.60	10.40	II III	1.64	31.6	0.78	2.92	9.32	14.29
107.11	-7.11	III IV	0.92	19.3	0.34	1.95	9.10	4.37
117.15	-17.15	IV V	0.34	5.1	0.07	0.66	8.70	2.12

表 2 准噶尔盆地温带荒漠土壤碱化分级的主要指标

Table 2 The major index range the division of alkalinization of temperate desert soils in Zhunger Basin

分 级 Division	水解性碱度 (meq/100g) Hydolytic alkalinity	ESP (%)	残余碳酸钠 (meq/100g) Residual Na_2CO_3
非碱化土壤	<0.3	<5	<0.07
弱度碱化土壤	0.3-0.9	5-20	0.07-0.3
中度碱化土壤	0.9-1.6	20-30	0.3-0.8
强度碱化土壤	1.6-2.6	30-40	0.8-1.3
碱土	2.6	>40	>1.3

水解性碱度和钠吸附比 (SAR) 两个主成分对总方差的累积贡献率达 79.9%。

3. 土壤碱化分级的散点图 用每个土壤的 Y_1 和 Y_2 值作出土壤碱化分级散点图, 通过判别分析划出各碱化级别间精确界限, 如图 1。

4. 计算出土壤碱化分级的界限指标 综合分析结果列于表 1。从表中可以看出指标权 T_1 的序是: (1) 水解性碱度; (2) 钠碱化度 (ESP); (3) 残余碳酸钠; (4) 交换性钠; (5) pH 值; (6) 钠吸附比。

(二) 准噶尔盆地温带荒漠土壤碱化分级结果

根据判别分析结果, 将主要影响土壤碱化分级的三项指标列于表 2。

(三) 影响土壤碱化分级的主要指标

1. 水解性碱度 荒漠碱化土壤的主要化学特点是碱度高, 来源复杂。因此用土壤水浸液的总碱度来衡量碱度大小时, 它只能代表碱度的一部分; 传统用 ESP 作为划分碱土的指标, 但它也不能反映碱土的各种碱度, 况且交换性钠并不能完全解离。所以我们建立了一个水解性碱度作为分级的新指标^[1], 这个指标反映着各种碱性盐类和土壤胶体交换性钠(镁)的解离程度, 在实践中也能很好的反映碱度对作物的危害性, 它能在一定的程度

表3 荒漠碱化土壤指标间相关系数计算

Table 3 The calculation of correlation coefficient of between index alkaliged soils

X	Y 水解性碱度 Hydrolytic alkalinity		Y 钠碱化度 ESP	
	r 值	1% 水平	r 值	1% 水平
饱和泥糊 pH	0.492	极显著	0.415	极显著
1:2.5 悬液 pH	0.611	极显著	0.380	极显著
水解性碱度 (meq/100g)			0.342	显著
残余碳酸钠 (meq/100g)	0.626	极显著	0.293	显著
SAR	0.198	不显著	0.454	极显著
$\frac{K^+ + Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	0.199	不显著	0.192	不显著
钠碱化度(%)	0.342	显著		
代换性钠 (meq/100g)	0.446	极显著	0.688	极显著
分散度	0.868	极显著	0.509	极显著

$n = 45$; 1%水平; 概率 $p = 0.372$ 。

上反映碱土本质及其影响。这表明它是一个综合表现指标。通过水解性碱度和钠碱化度与其他几个指标的相关分析(表3)^[1]看出,水解性碱度与pH值、残余碳酸钠、分散度呈极显著相关,并都优于钠碱化度;在运用综合数值分析过程中,不管是用那种层次参加统计,其结果都是水解性碱度为第一重要指标,在实际分级过程,特别是说明某些标本的毒害性,要比钠碱化度更为全面^[1]。因此说它是影响土壤碱化分级的最重要的指标。

2. 钠碱化度(ESP) 国内外一直沿用这个指标进行土壤的碱化分级,它实际代表了交换性钠的强弱,在这次综合分级中居第二位,是影响荒漠土壤分级的主要指标。

3. 残余碳酸钠 根据俞仁倍(1984)^[4]提出引用水质分析中残余碳酸钠概念,将土壤水浸液可溶盐分析结果中, $CO_3^{2-} + HCO_3^-$ (总碱度)的毫克当量减去 $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ 的毫克当量称之为残余碳酸钠。它反映了土壤中 Na_2CO_3 (苏打)和 $NaHCO_3$ (小苏打)两种主要碱性盐类的碱度。

(四) 结果检验

根据综合数值分析结果所判别的碱土、碱化土和非碱化土,基本上与野外观察、室内分析和实际毒害结果所判定的结论一致^[2]。从散点图中可以看出荒漠碱土(奇-4)、结皮荒漠碱土(下-4)、(北-7)、半荒漠碱土(木-6)、苏打碱土(101-05)等即1,2,3,4,5,21各点都在I类碱土范围,而非碱化土壤都在V类中,其它几类也都基本上符合实际。

四、小 结

1. 经过对参加统计层次的对比研究, 证明以土壤碱化层(诊断层)参加统计得出的结果比较理想。

2. 通过综合数值分析, 确定了新的分级指标——水解性碱度为荒漠土壤碱化分级的第一重要指标。

3. 通过综合分析, 使荒漠土壤碱化分级指标数量化, 并筛选出了水解性碱度 > 2.6 毫克当量/100 克土、ESP $> 40\%$ 、残余碳酸钠 > 1.3 毫克当量/100 克土为荒漠土壤划分碱土的标准。

参 考 文 献

- [1] 李述刚、余其立、王周琼, 1980: 荒漠碱化土壤水解性碱度的探讨。土壤学报, 第 19 卷 3 期, 311—314 页。
- [2] 李述刚、王周琼, 1988: 荒漠碱土。新疆人民出版社。
- [3] 卜兆宏、万洪富, 1982: 土壤分类分级中的综合数值分析法的初步研究。土壤学报, 第 19 卷 3 期, 283—295 页。
- [4] 万洪富、俞仁培、王遵亲, 1983: 黄淮海平原土壤碱化分级的初步研究。土壤学报, 第 20 卷 2 期, 129—139 页。
- [5] 杨国荣、孟庆秋、王海岩, 1986: 松嫩平原苏打盐渍土的数值分类初步研究。土壤学报, 第 23 卷 4 期, 291—298 页。
- [6] 俞仁培等, 1984: 土壤碱化及其防治。农业出版社。

A STUDY ON DIVISION OF ALKALINIZATION OF TEMPERATE DESERT SOILS IN ZHUNGER BASIN

Wang Zhouqiong and Li Shugang

(Xinjiang Institute of Biology, Pedology, and Desert Research, Academia Sinica)

Summary

In desert alkalinized soils, the alkalinity can be induced by both the hydrolysis of exchangeable sodium (or magnesium) in soil and that of the salts such as Na_2CO_3 , NaHCO_3 , MgCO_3 , Na_2SiO_3 , etc., at the same time, the determination of exchangeable properties is more difficult due to the presence of lime and gypsum in soils; therefore, hydrolytic alkalinity is suggested by the authors as the new index for the division of alkalization of the soils. For providing our suggestion, hydrolytic alkalinity, pH, ESP, exchangeable sodium, residual sodium carbonate and SAR of 31 profiles were determined and the data obtained were studied using comprehensive numerical analysis method. According to results of calculation, the following conclusion are made:

1. Through comparative study for the data obtained from various horizons of the soils, statistic analysis of the data from natric horizon gives the better results than those from other horizons.

2. Through comprehensive numerical analysis, the hydrolytic alkalinity has been defined as the first important index for division of alkalization degree of desert soils, and 6 grades have been divided according the hydrolytic alkalinity in combination with ESP and residual Na_2CO_3 of the soils.

3. It has been found on the basis of comprehensive analysis, hydrolytic alkalinity $> 2.6\text{meq}/100\text{ g soil}$, ESP $> 40\%$ and residual $\text{Na}_2\text{CO}_3 > 1.3\text{meq}/100\text{ g soil}$ can be used as the criteria for distinguishing alkali soil.