

新疆平原典型荒漠样区耕种土壤基层分类的探讨

关欣¹ 张凤荣² 李巧云¹ 钟骏平¹

(1 新疆农业大学 乌鲁木齐 830052; 2 中国农业大学 北京 100094)

摘要 本文分析了新疆西部莎车县和东部哈密县荒漠样区的成土条件,探讨了典型荒漠样区耕种土壤的系统分类,特别是基层分类,根据新疆荒漠区耕种土壤的实际情况,结合11个剖面,讨论了土族和土系的划分依据和指标,描述了各土系的生产特性。

关键词 新疆;平原荒漠区;耕种土壤;土族;土系

中图分类号 S155

在借鉴国外经验的基础上,经过多年研究,中国土壤系统分类已成为有中国特色的定量分类系统^[1~3]。虽然该分类系统的高级单元已较成熟,但基层单元仍处在探索研究阶段。

土壤基层分类是土壤系统分类的重要组成部分,是土壤分类与生产结合的桥梁。为了适应国民经济的发展和西部大开发的需要,因地制宜地调整区域土地利用结构,落实相应的技术管理措施,必须调查研究区域性土壤性状特征,确切划分土壤基层分类单元,测绘土壤系列详图,从而掌握土壤资源的种类、数量、质量、利用现状及其空间变异状况,为宜耕适种、改土施肥,土地合理利用开发,环境保护,可持续发展决策提供科学依据。

新疆是我国最干旱的地区,其平原荒漠带分布着正常干旱土、雏形土、新成土等。这些土壤经耕种后,性质发生变,过去定名为灌耕棕漠土,说明既受人为影响,又保留着干旱荒漠生物气候的地带性特征。因此,研究荒漠带耕种土壤的基层分类不仅能对干旱区其它土壤的基层分类提供经验,而且具有重要的理论意义和使用价值。本文选择新疆东部哈密县、西部莎车县典型荒漠区上的耕种土壤为研究对象,探讨其基层分类。

1 研究区的成土条件

1.1 哈密县样区的成土条件

哈密县是新疆东部的一个山间盆地,地势由东北向西南倾斜。北部和西部为海拔3000m的天山,东部为祁连山,南部是天山支脉库鲁克山和白龙山。山地海拔为1500~2000m,盆地为700~800m,西南角的疏纳诺尔仅81m。研究区位于山前洪积冲

积扇下部的倾斜平原,地势平坦,坡降1/200。由于洪水切割,形成了绿洲的两条河谷。东风、回城、五堡和二堡等乡均沿两河谷分布。母质为洪冲积黄土和红土。自然植被有:梭梭、麻黄、骆驼刺、白刺、碱蓬、苦豆子、胖姑娘等。地下水位一般在5m以下。

哈密县样区气候见表1。此外,该区日照达3300h,全年最高气温41.2~43.9,最低气温-30.2~-32.0。气温变化剧烈,平均年较差43.7,最大为69.4。无霜期180天,年降水量30~40mm,最高蒸发量4169mm。年平均大风(8级以上)23天,最长达49天,平均风速3.1m/s,最大为24~30m/s。特别需要强调的是人为耕作和灌溉对土壤的影响:在自然条件下,土壤有机质含量均在5g/kg以下。开垦15~30年后,其表层有机质含量升至10~20g/kg,开垦100年以上的有机质可超过20~30g/kg。哈密农业耕地一般灌水量为5400~7200m³/hm²,相当于540~720mm的降水量,最多可达1079mm。灌水使盐分受到淋溶,故一般盐分含量不高(表2)。

1.2 莎车县样区的成土条件

莎车县位于西昆仑山北麓,布古里—托合拉克东部沙漠和塔克拉玛干西部沙漠之间的叶尔羌河冲积平原上中游。样区位于河流上游长群至恰拉克的黑孜戈壁,海拔1250~1800m,坡降19.6%。母质洪积物;洪积扇上部为砾石和粗砂,下部为细砂、粉砂和粘粒,部分地段含NaCl盐层,开采后可食用。植被有红柳、骆驼刺、骆驼蓬、盐梭梭、胖姑娘、甘草等,覆盖度低。气候状况见表1。此外,该区降水集中,一日降水可达27mm,一次降水达34.3mm;

表 1 研究区的气候状况

Table 1 Climate conditions of the study zones

地名	海拔 m	纬度 经度	温度 ()			积温 10	降水量 mm	蒸发量	干燥度*
			年	1 月	7 月				
哈密县	900 ~ 1500	41° ~ 43°25' 91°26' ~ 96°33'	9.9	-12.3	27.3	4073 ~ 4300	33.8	3091.8	64.03
莎车县	1180 ~ 1350	37°30' ~ 39° 76°20' ~ 77°40'	11.4	-6.6	25.4	4219	44	2236	35.57

* 干燥度 $D = (E_0/P) / f$; $f = 0.7$; E_0 = 水面年蒸发量; P = 年降水量。

表 2 哈密灌耕棕漠土的性质

Table 2 Properties of the irrigated brown desert soil in Hami

剖面号 地点	颜色	层次 cm	有机质	全 N	全 P	CaCO ₃	总盐	机械组成 (g/kg)			质地 名称	结构	松紧度	干湿度	根系
								> 0.02 mm	0.02~ 0.002 mm	< 0.002 mm					
1	黄	0 ~ 30	8.9	0.6	2.08	77	1.18	400	410	190	粘壤	块状	紧实	润	多
东风乡	浅黄	30 ~ 54	11.0	0.72	2.93	96	0.93	160	590	250	粉砂质粘土	块状	紧实	湿润	较少
	浅黄	54 ~ 150	9.5	1.1	2.7	121	1.14	0	630	370	粉砂质粘土	块状	紧实	湿润	少
2	灰黄	0 ~ 23	19.5	1.78	0.85	80	0.6	200	570	230	粉砂质粘壤	块状	较松	湿润	多
二堡乡	灰黄	23 ~ 64	14.7	1.28	0.86	84	1.5	230	550	230	粉砂质粘壤	块状	较松	湿润	少
	浅灰黄	64 ~ 150	13.2	0.96	0.8	99	1.12	100	650	250	粉砂质粘壤	块状	紧实	湿润	少
3	灰黄	0 ~ 25	26.1	1.71	0.76	130	0.45	520	350	130	壤土	团粒	较松		多
回城乡	灰黄	25 ~ 55	22	1.44	0.93	113	0.56	640	290	70	砂壤	块状	较紧		较多
	浅黄	55 ~ 150	18.1	1.12	0.55		0.43	400	410	190	粘壤	块状	紧实		少
4	青灰	0 ~ 22	13.5	0.64	1.42	35	0.51	46	37	17	粘壤	块状	松	润	多
二堡乡	灰青	22 ~ 36	17.2	1.28	2.0	50	0.64	24	53	23	粉砂质粘壤	块状	较紧	湿	少
	黄	36 ~ 150	17.0	1.43	1.8	84	0.36	0	57	43	粉砂质粘土	块状	紧实	湿	少
5	灰黄	0 ~ 25	12.8	0.64	1.57	74	1.1	54	29	17	粘壤		较松	润	多
东风乡	灰黄	25 ~ 55	12.6	0.56	1.3	61	2.25	54	29	17	粘壤		较松	润	少
	黄	55 ~ 150	3.4	0.56	2.2	64	1.5	68	19	13	砂质壤土	无结构		润	少
6	灰红	0 ~ 22	14.0	0.64	0.67	84	1.08	6	63	31	粉砂质粘土	块状	较松	润	多
五堡乡	灰	22 ~ 58	16.9	0.8	1.34	97	1.59	0	69	31	粉砂质粘土	块状	较紧	润	少
	微红	58 ~ 150	4.9	0.24	0.52	64	1.29	32	39	29	壤质粘土	块状	较紧	润	少

最高温度为 41.5，最低温度-23.5。无霜期平均 214 天。多大风，年平均风速 1.29m/s，最大风速达 40m/s，6 级以上大风 19.9 天。流经全县的叶尔羌河，年平均径流量为 63.75 亿 m³。春末夏初的汛期水流占全年的 68~75%，年平均流量为 202m³/s，年平均含沙量为 4.03kg/m³，平均输沙量为 870kg/s，年总输沙量达 2570 万吨。莎车县每年引水 17 亿 m³，占总径流量的 26.7%，因此，每年流入该县的泥沙量达 675.1 万吨，成为农田灌淤母质的重要来源。全县平均毛灌溉定额 18885m³/hm²，水田超过 30000 m³/hm²。由于渗漏，提高了地下水位。据调查，该

县地下水矿化度 0.5~2g/L，多为 Cl-SO₄ 型。

2 研究土样的高级分类

样区土壤是在细土母质的棕漠土上发展而来的，由于受人为耕作的影响已无干旱表层所特有的形态特征。莎车县样区土壤的灌耕时间较短，有机质含量 < 10g/kg (有机碳 < 6g/kg)，耕层不到 20cm，全剖面含有较多的 CaCO₃，不过都达不到钙积层的指标(表 3)，仅为钙积现象。剖面 1、2、3、5 有雏形层，无石膏层、盐积层和碱积层。因此，应该划为雏形土。莎车县年平均土温 > 8，年灌溉水量

18885m³/km², 相当于 1888.5mm 的降水量, 具有干润的土壤水分状况, 有灌淤现象, 无钠质现象、盐积现象和氧化还原特征, 故为普通灌淤干润锥形土。剖面 4 各层质地均为紧砂(表 3), 无明显的锥形层; 同时, 矿质土表至 50cm 范围内有人为淤积物质 0~43cm 有钙积现象, 故应划为石灰淤积人为新成土。哈密县的六个剖面(表 2)在全国第二次土壤普查中被确定为灌耕棕漠土。它们的前身土壤—棕漠土在未受到人为干预以前, 每年能够接纳的有机物质一般仅有 300kg/hm², 加之干热的气候条件又促使这些有机物质迅速矿化, 因此, 土壤中积累的腐殖质极少, 其含量一般不超过 10 g/kg (折合有机碳

6g/kg), 大部分在 5~9g/kg (折合有机碳 2.9~5.22g/kg) 之间^[4]。与此同时, 剖面中含有较多的盐和石膏, 质地粗骨化和砂化。然而, 人为耕种后, 虽然其现代耕作层均<30cm, 但全剖面有机质含量较高。剖面 2、3、4 的各层, 剖面 5、6 的 A 和 B 层, 剖面 1 的 C 层, 其有机质含量均>10g/kg, 说明熟化程度较高; 由此推断, B 层和部分 C 层可能是古老的耕作层。据资料和调查, 这 6 个剖面所在地, 确实是老耕作区, 具有百年以上的灌淤历史。因此, 灌淤层厚度>50cm, 具有灌淤层、温性的土壤温度和干润的土壤水分状况, 无盐积层和盐积现象。因而, 定为普通灌淤旱耕人为土较合适。

表 3 莎车县灌耕棕漠土的剖面特性

Table 3 Characteristics of the irrigated brown desert soil profiles in Shache

编号 (地点)	层次 cm	颜色	有机质 g/kg	全 N g/kg	全 P g/kg	pH	CaCO ₃ g/kg	盐分 g/kg	颗粒组成(g/kg) < 0.01mm	结构	松紧度	干湿度	根系	灌淤层 厚(cm)	
1 (十乡)	0~12	黄灰	8.4	0.42	0.52	7.6	183.2	<2	320	中壤	块状	紧	干	多	<50
	12~64	灰黄	6.3	0.32	0.72	7.6	172.4	<2	200	轻壤	块状	紧	润	较多	
	64~150	灰黄	4.0	0.21	0.54	7.6	167.2		140	轻壤	块状	较紧	润	少	
2 (十乡)	0~18	黄灰	8.5	0.66	0.66	7.6	172.2	<2	220	轻壤	块状	紧	润	多	<50
	18~42	黄灰	5.7	0.64	0.64	7.6	174.7	<2	190	砂壤	块状	紧	润	中	
	42~150	灰棕	4.2	0.52	0.52	7.6	144.7		160	砂壤	块状	较松	润	少	
3 (十三乡)	0~15	棕灰	7.8	0.45	0.60	7.7	145.7	2~5	280	轻壤	块状	松	润	多	<50
	15~53	棕灰	5.5	0.31	0.54	7.8	145.7	2~5	230	轻壤	块状	较松	润	中	
	53~88	灰	5.5	0.31	0.49	7.8	168.2		230	轻壤	块状	较松	润	少	
4 (六乡)	88~150	棕灰	3.4	0.23	0.60	7.7	139.4		270	轻壤	块状	较松	润	少	
	0~16	黄灰	3.9	0.28	0.70	7.5	142.2	<2	90	紧砂	无结构	较松	润	多	<30
	16~43	黄灰	3.7	0.18	0.60	7.3	140.9	<2	90	紧砂	无结构	较紧	润	少	
5 (十乡)	43~150	黄	2.0	0.12	0.62	7.4	128.4		90	紧砂	无结构	较紧	润	无	
	0~17	棕黄	3.4	0.30	0.62	7.6	164.7	<2	140	砂壤	块状	较紧	润	多	<50
	17~70	灰棕	2.6	0.23	0.52	7.7	157.2	<2	100	紧砂	块状	较松	润	较多	
	70~150	灰棕	--	--	--	--	--	--	--	砾石	无	--	干	无	

3 研究区土壤的基层分类

中国土壤系统分类的基层单元是土族和土系。土族和土系的划分不仅要注意控制层段土壤的自然性质和形态特征, 而且要考虑与生产密切相关的确性质差异或特征土层的形态特征和层位排列及度量上的差异。

3.1 研究区土族的划分

土族是亚类的续分级别, 是根据同一亚类中由于区域性(或地区性)成土因素或土壤利用管理引起的土壤重要理化性质的差异续分的。划分土族应遵循三条原则: 选用区域性成土因素所引起的相对

稳定的土壤属性差异作为划分依据, 不能选用成土因素差异; 在同一亚类中土族的分类依据应当一致, 其差异表现在“量”上, 以利于同一亚类不同土族的比较, 在不同亚类中土族的分类指标可有所不同; 鉴别土族的依据指标不能与上或下级分类单元交叉或重复使用。其次是明确控制层段。土族的控制层段应考虑与植物生长密切相关的土壤层段, 其深度应从表下层以下止于根系活动限制层上界或石质接触面^[3,5]。研究区大部分土壤土层深厚, 因此, 暂定从耕作层的下界至 100cm 或至浅于 100cm 的根系限制层上界为样区土族的控制层段。

过去常以母质类型作为划分土属的依据。灌耕棕漠土的母质类型有：粘重的红土，粉砂占优势的“昆仑黄土”和砂性较强的洪积—冲积物。其中，洪积—冲积物的质地变异较大；洪积、冲积扇上部质地较粗，盐分较轻，接近扇缘颗粒变细，盐分较重。但是母质类型是成土因素，不易直接“量”化。因此，必须选用能够量化的反应区域性成土因素的土壤属性指标。据调查，对灌耕棕漠土影响较大并且和农业生产密切相关的较稳定的土壤属性有：盐分含量、类型、质地、熟土层厚度和有机质含量。其中，盐分含量和质地最能反映母质类型的特点。因为不同的母质类型不仅颗粒粗细差异较大，而且盐分含量也不相同。此外，盐分含量还与人为

利用管理、地形部位有关。因此，作为土族的划分依据较合适。具体划分方法为：通过加权平均计算 0~50cm 的含盐量和机械组成。盐分小于 2 g/kg 为非盐化，2~5 g/kg 为盐化。机械组成采用不同的分类制，指标也不相同。在新疆的土壤普查资料中^[4,6]多采用国际制和卡庆斯基制。因此，质地的划分指标最好能充分利用土壤普查资料。划分指标见表 4。以普通灌淤干润锥形土为例，依照上述方法可得到 6 个土族：盐化砂质普通灌淤干润锥形土，盐化壤质普通灌淤干润锥形土，盐化粘质普通灌淤干润锥形土，(非盐化)砂质普通灌淤干润锥形土，(非盐化)壤质普通灌淤干润锥形土，(非盐化)粘质普通灌淤干润锥形土。括号中的非盐化可省略。

表 4 土族质地划分指标

Table 4 Indexes for classification of soil family

卡庆斯基制		国际制		
物理性砂粒(>0.01mm)	质地名称	粘粒(<0.002mm)	砂粒(0.02~2mm)	质地名称
>800g/kg	砂质	>250g/kg	<550g/kg	粘质
550~800g/kg	壤质	其它	其它	壤质
<550g/kg	粘质	<150g/kg	>550g/kg	砂质

3.2 研究区土系的划分

土系是发育在相同母质上，由剖面土层排列和理化特性相似的土壤个体组成的分类单元^[3,6]。在同一土系中，成土母质类型，所处地形部位及水热状况相似；在控制层段内，特征土层（具诊断特性的发生层和非发生层）的种类、形态、排列层位相近；上层的颜色、质地、结构、土壤反应、腐殖质含量、化学及矿物学特性相同。土系的划分指标应易辨（易观察，易测定），与上级分类单元不交叉，比较稳定，与生产密切相关。

划分土系首先要确定控制层段和特征土层。土系控制层段既要考虑由土壤表面开始，和上界面在距砂质土壤表面 125cm 内紧实接触面(和准石质接触面)以下 25cm 内的土壤物质，也要考虑 0~150cm 内土壤发生层和各层次的特性^[3]。本区是由人为灌淤物，洪积—冲积物和黄土状母质上发展的土壤，土体深厚。因此，控制层段为 0~150cm。

借助于特征土层在剖面中的排列组合差异对土系评比归类，可进一步明确土系单元的分类归宿。作为土系分类依据的特征土层可以是具有诊断特性和诊断现象的土层，也可以是有明显母质特性的土层(砂质土层、粘质土层、基岩岩性土层等)，还可以是某些异质土层(残余土层和堆垫土层)。研究区土壤的特征土层有：锥形层、灌淤层(包括灌淤现

象)、砂质层、粘质层和盐化层(包括盐积现象)。根据上述原则，本区的土系划分主要依据耕层有机质含量和灌淤层厚度，同时考虑特征土层的排列。灌淤层厚度分为 0~25cm 和 25~49cm 两种；有机质含量分为 0~8 g/kg, 8~15g/kg 和 >15g/kg。土系的命名采用独立定名，一般直接选用剖面所在地的名称；对于多地分布的土系，可根据地名加重要的识别特征命名。研究区土族和土系的分类及命名见表 5。

4 各土系的生产特性

4.1 东风系

地势平坦，地下水位 5m 以下。由于长期浇水淋溶，盐分轻。土层深厚，超过 1.5m。过去质地较粘重，经 20 年的掺砂，耕层质地稍有改善，但仍较粘，易板结，当地称之为黄板土。耕性差，浇水时泥泞，干时发硬、发裂。通气差，早春地温不易上升。速效养分缺乏：速效氮、磷、钾分别为 40 μ m/g、11 μ m/g 和 115 μ m/g，作物产量不高，小麦单产 1500~2250kg/hm²。

4.2 二堡系

处在洪积扇中、下部，地下水位大于 5m，为古老农耕区，耕种时间较长，土层深厚，土体中盐分含量少，熟化程度高，尤其耕层含较多的团粒结构。平均耕层 27cm。上轻下粘，上松下实。因此，耕性好，耕期长，保水保肥性好，速效养分丰富，

表 5 研究区的基层分类及土系名称

Table 5 Substrate classification of the soils in the study zones and names of soil series

地 区	编 号	地 点	母质类型	特征土层组合	质地土层排 列	中国土壤系统分类		发生分类 (第二次土壤普查)	面积 hm ²
						土 族	土 系		
哈 密 县	1	东风乡	洪、冲积黄土	灌淤层、锥形层、 底钙积现象	均一壤质	壤质普通灌淤旱 耕人为土	东风系	灌耕棕漠土	1863.2
	2	二堡乡	洪、冲积黄土	灌淤层、锥形层、 底钙积现象	上轻下粘	壤质普通灌淤 旱耕人为土	二堡系	灌耕棕漠土	6067.2
	3	回城乡	洪、冲积黄土	表钙积现象、灌淤 层、锥形层	上轻下粘	砂质普通灌淤 旱耕人为土	回城系	灌耕棕漠土	
	4	二堡乡	洪、冲积黄土	灌淤层、锥形层、 底钙积现象	上轻下粘	壤质普通灌淤 旱耕人为土	二堡系	灌耕棕漠土	2289.3
	5	东风乡	风积、冲积黄土	表钙积现象、灌淤层、 锥形层	上粘下砂	壤质普通灌淤 旱耕人为土	底砂东风系	灌耕棕漠土	1405.6
莎 车 县	6	五堡乡	黄土和红土	表钙积现象、灌淤层、 锥形层	均一粘质	壤质普通灌淤 旱耕人为土	五堡系	灌耕棕漠土	769.9
	1	十乡	风积、洪积物	灌淤现象、表钙积 现象、锥形层	均一壤质	壤质普通灌淤 干润锥形土	莎十系	灌耕棕漠土	894.8
	2	十乡	洪积物	灌淤现象、中位钙积现 象、锥形层、	均一壤质	壤质普通灌淤 干润锥形土	莎十系	灌耕棕漠土	1685.1
	3	十三乡	洪积、冲积物	灌淤现象、表钙积现象、 锥形层	均一壤质	壤质普通灌淤 干润锥形土	莎十三系	灌耕棕漠土	302.7
	4	六乡	洪积、冲积物	灌淤现象、中位钙 积现象	壤盖砂砾	砂质石灰灌淤 人为新成土	莎六系	灌耕棕漠土	236.5
5	十乡	洪积、冲积物	灌淤现象、锥形层	粘盖砂砾	砂质普通灌淤 干润锥形土	底砂莎十系	灌耕棕漠土	399.5	

耕层速效氮 45 $\mu\text{m/g}$ ，速效磷 11 $\mu\text{m/g}$ ，速效钾 355 $\mu\text{m/g}$ 。

4.3 回城系

分布于戈壁边缘和风口附近，风蚀、风积严重。平均耕层 27cm，耕层砂性强，易耕，通气好，土壤热性，早春升温快，但有机质易矿化，难积累。耕层速效氮 28 $\mu\text{m/g}$ ，速效磷 9 $\mu\text{m/g}$ ，速效钾 211 $\mu\text{m/g}$ 。适合种植瓜、果等园艺作物，但易遭风蚀和干旱的危害。

4.4 底砂东风系

分布于戈壁边缘，风口附近。土壤耕性好，耕期长，春天升温快，适早播。但心、底土层砂性强，漏水漏肥严重，群众称之为拉肚子地。该地速效氮、磷、钾分别为 28 $\mu\text{m/g}$ 、9 $\mu\text{m/g}$ 和 148 $\mu\text{m/g}$ 。因风沙危害，春天常播几次种。产量不高。

4.5 五堡系

位于第四纪洪积扇上部。土层深厚，平均耕层 20cm。土质粘重，通气差，易板结、发硬；耕性差，耕后结块。速效氮、磷、钾分别为 26、3 和 320 $\mu\text{m/g}$ 。作物产量低。

4.6 莎十系

位于洪积扇下部、戈壁边缘，坡度大，易遭山洪侵蚀和风蚀，地下水位于 6 m 以下。平均土层超过 1m，但灌淤层不到 50cm，耕层浅薄，无盐化。保水保肥能力差，肥力水平低，速效氮、磷分别为 11 $\mu\text{m/g}$ 和 0.7 $\mu\text{m/g}$ 。

4.7 莎十三系

地形为洪积扇，地下水位较高，含盐量超过 2g/kg，但较容易改良，盐分危害不大。速效氮、磷分别为 13 $\mu\text{m/g}$ 和 1.2 $\mu\text{m/g}$ 。

4.8 莎六系

位于山前洪积扇中部，四周为戈壁，风蚀严重。上层 30~60cm 为细土，60cm 以下为砾石、中砂。地下水位在 5 m 以下，无盐渍化。开垦时间短，灌淤层小于 30cm，土层薄，熟化度低，耕层养分含量少，属低产田。

4.9 厚淤莎十系

细土层达 60~100cm，以下为砾石和粗砂。灌淤层小于 50cm，地下水位 5m 以下。耕层浅薄，土壤

(下转第 72 页)

AGROCHEMICAL BEHAVIOR OF K-AND-SI-RICH COMPOUNDS

Guo Bihua¹ Yu Guifen² Wei Chaofu³ Che Fucai³ Gao Ming³

(1 Biology Department, Sichuan Normal College, Nanchong 637002; 2 Institute of soil science, Chinese Academy of Sciences;

Nanjing 210008 ; 3 College of Resource and Environment, Southwest Agri. Univ., Changqing 400716)

Abstract In spite of its high content of citric acid soluble nutrient ingredients, the K-and-Si-rich compound is low in available nutrient. Its high content of nutrients will only be released slowly. During its five-month storage, its moisture content did not seem to affect availability of its nutrients, but its nutrient content changed significantly. Kinetics of the change in K and Mg could be simulated with Freundlich equation. Among the multi-elements of the compound, Si, K, Ca and Mg gradually decreased in releasing rate with the time passing by.

Key words Multiple nutrient fertilizer, Available Mg, Available Si, Available Ca, Available K, Release

(上接第 57 页)

瘠薄，速效氮、磷分别为 11μm/g 和 0.7μm/g，作物产量 750kg/hm²。

参考文献

1 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤系统分类(首次方案). 北京: 科学出版社, 1991

2 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤系统分类(修订方案). 北京: 中国农业科技出版社, 1995

3 龚子同. 中国土壤系统分类——理论·方法·实践. 北京: 科学出版社, 1999

4 新疆维吾尔自治区农业厅. 新疆土壤. 北京: 科学出版社, 1996

5 新疆维吾尔自治区农业厅. 新疆土种志. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993

6 张甘霖, 龚子同. 中国土壤系统分类中的基层分类与制图表达. 土壤, 1999, 31 (2): 64 ~ 69

SUBSTRATE CLASSIFICATION OF IRRIGATED BROWN DESERT SOIL IN SOUTH XINJIANG

Guan Xin¹ Zhang Fengrong² Li Qiaoyun¹ Zhong Junping¹

(1 Xinjiang Agriculture Universit, Urumq 830052; 2 China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract Soil forming conditions of the irrigated brown desert soil in Shache and Hami Counties South Xinjiang are analyzed for classification, in particular substrate classification, in line with soil taxonomy. Based on the actual conditions and 11 profiles of the soil, bases and indexes for classifying the soil into soil families and soil series are discussed and production properties of each soil series described.

Key words South Xinjiang, Irrigated brown desert soil, Chinese soil taxonomy, Soil family, Soil series