

河西走廊灌淤旱耕人为土的特性及其分类参比

李福兴 陈隆亨 赵飞虎 王罗斌
(中国科学院兰州沙漠研究所 兰州 73000) (甘肃省张掖地区土肥站)

摘 要 本文以中国土壤系统分类(修订方案)为理论依据, 阐述和讨论了河西走廊绿洲几种灌淤旱耕人为土的特性和系统分类, 及其与 ST(1996)、FAO—Unesco (1988) 和 WRB(1994) 分类所进行的参比。

关键词 灌淤土特性; 系统分类和分类参比; 河西走廊

旱耕人为土

人为土是由人类活动深刻影响或者由人工创造出来的, 具有明显区别于起源土壤的特性的土壤(龚子同, 1992)。灌淤旱耕人为土^[1]系指人为土纲中的旱耕人为土亚纲具有灌淤表层的一个土类, 它相当于原土壤地理发生分类中的绿洲土^[2]、灌溉绿洲耕作土^[3]、绿洲灌溉耕作土^[4]和中国土壤系统分类(首次方案)中的灌淤土^[5]。此类土壤广泛分布于河西走廊的黑河、石羊河和疏勒河三大内陆河流域的山前洪积冲积平原、扇缘溢出带、大河冲积平原阶地, 面积约 109.4710 万公顷, 占河西地区总土地的 5.12%, 是甘肃省主要的商品粮基地。笔者等曾就《中国土壤系统分类(首次方案)》对河西走廊灌淤土的系统分类进行过讨论^[6]。现将新采集的代表性剖面 I—1、I—2、I—3、I—4、I—5 的分析资料, 以中国土壤系统分类(修订方案)为理论依据, 就土壤特性和其高级土壤系统分类位置作进一步阐述, 并与 ST(1996)、FAO—Unesco (1983) 和 WRB(1994) 的土壤分类进行参比研究。

1 成土条件

1.1 气候

河西走廊灌淤旱耕人为土分布在青藏高原和内蒙古高原过渡带的河西走廊高平原区, 处于内陆荒漠区域, 具有干旱荒漠气候特点, 即日照充足, 热量资源比较丰富, 降雨量少, 蒸发强烈, 气候干燥。年雨量从东到西为 158.4~36.8cm, 雨量集中于夏季, 蒸发量为 2021.0~2490.6mm, 干燥度 3.7~19.5。年平均气温为 7.7~9.3℃, 7 月为 21.9~24.7℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动期积温为 2985.4~3611.3℃, 无霜期 163~182 天。50cm 深处土壤温度为 12.2~9.6℃, 属于温性土壤温度状况。在多数年份内, 土壤水分控制层段的全部每年累计有一半天数呈现干燥, 种植作物需要灌溉。

1.2 植被

本区现在土壤植被均由人工栽植, 森林覆被率为 10%~20%。农作物有小麦、玉米、糜子、谷子、大麦、油菜、胡麻、马铃薯、甜菜等, 在安西及敦煌地区还可种植棉花, 绿肥作物有紫花苜蓿、草木樨、箭舌豌豆、沙打旺等, 熟制为一年一熟有余、而又不足两熟地区。此外还有苹果、梨、枣、杏、桃、李、葡萄等多种果树和蔬菜, 张掖地区为我国“西菜东运”基地。

1.3 地形和母质

灌淤旱耕人为土按其所处的绿洲地貌类型可分为三类:(1)扇形地绿洲: 在山前洪积冲

积扇的中、下部,位于泉水溢出带附近。由于地处河流出口,水源丰富,土层深厚,肥沃宜垦,地下水位埋藏也较深,水质良好,土壤无次生盐渍化威胁。如:武威、张掖、酒泉、玉门镇绿洲等,这里的灌溉旱耕人为土大部分是从原来的灰钙土、灰漠土、棕漠土的基础上发育而成。(2)沿河绿洲:呈长条形状,为水量较大的大中型内陆河两岸的低阶地,如:武威和民勤绿洲之间的石羊河沿岸绿洲、临泽、高台、金塔、鼎新黑河沿岸的绿洲和安西疏勒河沿岸的绿洲等,这里的灌溉旱耕人为土相当部分是由原来的草甸土、沼泽土、盐渍土上发育而成。(3)干三角洲绿洲:为大中型内陆河的尾间地区,地形平坦、引水方便。但水源不够稳定,常与盐滩、沙地及土质平地相间分布,部分土壤有次生盐渍化威胁,并极易受河流改道及上游过度用水而导致绿洲迁移。如:民勤绿洲、昌宁绿洲、金塔绿洲等即是。

1.4 土地利用

灌溉旱耕人为土为灌溉农业土壤,尤其是地处荒漠地区,“非灌不殖”,即无灌溉就无农业。从历史上看,该区农业开发已逾二千余年,早在公元前一、二世纪就已开渠引水、发展农业。目前,种植面积更为扩大,粮食作物轮种方式有:一年一熟者为春小麦(或冬小麦)→糜谷或洋芋;春小麦→蚕豆或豌豆;春小麦→糜谷→蚕豆。一年二熟者为春小麦→小糜谷或芥麦,春小麦(或冬小麦)→玉米,少部分种植水稻。由于粮食播种面积大,因此河西走廊也就成为甘肃省重要的商品粮基地。调查表明,该地区亩产300kg以上的高产田仅占15%~20%;亩产300~200kg的中产田占到60%~65%;亩产200kg以下的低产田占20%~25%,大部分为中低产田,土地利用及作物增产潜力很大。

2 主要成土过程和土壤形态与特性

2.1 成土过程

2.1.1 灌溉堆垫过程

河西走廊灌溉旱耕人为土的灌溉水源来自上游祁连山区的河流,特别是在洪水期河水中带有大量的泥沙,为灌溉旱耕人为土的形成提供了物质基础。据7条河流出口水文站的观测,6~8月平均含沙量为 $0.397\sim 4.725\text{kg}/\text{m}^3$,每亩地灌水量以 500m^3 计,则每年每亩淤积物质可达 $198.5\sim 2362.5\text{kg}$ 。此外,河西的农田历来有大量施用土粪及掺沙改土的习惯,一般每年每亩施入这类物质也达 3500kg 左右。日积月累便在原来的土壤表面上形成了一个人为的“灌溉层”,其厚度一般在 50cm 以上,最厚可 $>250\text{cm}$ 。

2.1.2 耕作培肥过程

“灌溉层”的形成,除了灌溉,堆垫作用外,还有耕作栽培过程。即从人工灌溉开始,通过耕作的机械作用,把灌溉淤积物和施肥、掺沙堆垫物加以搅混,调节了土壤物理性质,又通过作物根系作用,增加土壤中的有机物质,改善土壤的结构状态。随着灌溉与耕作作用年复一年地进行,灌溉层逐渐增厚,土壤的水、肥、气、热状况持续得到改善,这种灌溉层实际是经历了长期而连续的人工培肥,变为肥力较高的老耕作层。

2.1.3 灌溉淋溶过程

长期灌溉促进了土壤淋溶过程的发展,导致灌溉层中的可溶性盐含量通常 $<1\text{g}/\text{kg}$,石膏含量也甚微。同时,随着灌水的下淋,上部土体中的粘细颗粒物质和有机物质也下移,并淀积在下部土体的结构面及孔隙表面,在土体中形成明显的胶膜特征,以及部分氧化物迁移

淀积形成的氧化还原特征。

2.2 土壤形态与理化特性

2.2.1 土壤形态特性

灌溉旱耕人为土以具有灌淤表层诊断表层为主要特征,通常灌淤层厚度 $\geq 50\text{cm}$,具有相对均一的颜色、质地、结构等,并含有煤渣、木炭、砖瓦等侵人体特征,由于耕种,灌淤层表面可分为:灌淤耕作层 AuP_1 、灌淤犁底层 AuP_2 (无或不明显)以及灌淤耕作淀积层 BuP 、灌淤斑纹层 Bur (潮湿类型)、下垫自然底土母质层 C 等。因其独特的形态区别于本土纲中的水耕人为土以及其它土纲中的各类土壤。

2.2.2 土壤理化特性

(1)腐殖质和土壤养分 腐殖质和土壤养分积累是灌溉旱耕人为土的重要特征,与原自然土壤——筒育正常干旱土相比,前者的胡敏酸含量较高, $\text{HA}/\text{HF} > 1.0$,后者 < 1.0 ,胡敏酸的光密度值也有较大差异。灌淤旱耕人为土的各种养分积累非常明显(表1),有机质含

表 1 土壤养分分析

剖面号	深度 (cm)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	C/N	全磷 P_2O_5 (g/kg)	浸提性磷 NaHCO_3 (P g/kg)	全钾 K_2O (g/kg)	pH (H_2O)	CaCO_3 相当物 (kg/g)	CEC _r (cmol (+)/kg)
I-1	0~23	14.5	0.59	14.2	—	—	—	8.5	90.8	—
	23~48	9.8	0.56	10.1	—	—	—	8.9	106.2	—
	48~70	8.3	0.48	9.9	—	—	—	8.8	245.2	—
	70~86	10.0	0.60	9.8	—	—	—	8.8	31.1	—
	86~140	6.0	0.30	11.9	—	—	—	8.7	80.0	—
I-5	0~18	28.3	1.18	13.9	2.23	94.1	21.8	—	62.2	8.25
	18~32	22.6	0.88	14.9	2.02	18.5	22.1	—	92.5	7.52
	32~52	17.9	0.73	14.3	1.69	8.8	21.9	—	70.5	7.37
	52~80	16.9	0.62	16.0	1.74	9.5	21.0	—	62.9	6.57
	80~113	10.1	0.47	12.4	1.77	9.8	22.4	—	79.0	6.48
113~160	10.2	0.53	11.2	1.73	7.5	22.2	—	85.4	7.75	
I-2	0~22	22.1	1.12	11.5	—	24.7	—	—	87.8	8.98
	22~42	11.6	0.59	11.5	—	6.8	—	—	96.5	7.80
	42~68	10.0	0.51	11.6	—	5.0	—	—	115.2	8.16
	68~95	9.5	0.49	11.3	—	4.6	—	0	113.6	6.89
	95~120	5.7	0.27	12.3	—	7.0	—	—	63.7	4.20
I-3	0~20	19.1	0.90	12.3	—	—	—	—	—	—
	20~32	9.9	0.58	9.9	—	—	—	—	—	—
	32~64	8.4	0.51	9.6	—	—	—	—	—	—
	64~86	9.5	0.63	8.9	—	—	—	—	—	—
	86~122	4.9	0.32	8.9	—	—	—	—	—	—
122~150	3.0	0.16	11.0	—	—	—	—	—	—	
I-4	0~18	27.5	1.09	14.7	—	16.9	—	8.5	98.3	8.94
	18~30	15.6	0.77	11.8	—	5.5	—	8.7	50.8	7.39
	30~56	12.6	0.63	11.6	—	4.9	—	8.7	91.4	6.43
	56~87	8.1	0.47	11.1	—	5.7	—	8.7	112.5	6.98
	87~120	7.0	0.37	11.0	—	6.0	—	8.7	145.7	6.93
120~186	7.1	0.37	11.3	—	7.1	—	8.8	121.1	6.66	

量 10~20g/kg、全氮 0.6~1g/kg, C/N 10~13, 全磷(P_2O_5) 2~3g/kg 浸提性磷(P) 16~30mg/kg, 肥熟的灌淤旱耕人为土可高达 35mg/kg 以上, 最高达 94mg/kg, 证明磷的富集作用强烈。其中剖面 1-5 的灌淤耕作层厚 32cm, 有机质加权平均值为 25.8g/kg, 全氮 1.05g/kg 全磷 2.14g/kg, 浸提性磷 61.01mg/kg, 土壤全钾 20~30g/kg 阳离子代换量(CEC₇) 为 7~9cmol(+)/kg。

灌淤旱耕人为土的腐殖质和养分的明显积累, 导致微生物类群数量增加, 蚯蚓等土壤动物活动频繁, 土壤肥力提高。

(2) 盐类淋溶和淀积 由于长期灌溉淋洗, 灌淤旱耕人为土中的易溶性盐大部被淋洗, 分析表明: 灌淤层中易溶性盐含量一般在 0.5g/kg 以下, 唯盐化的土类其易溶性盐含量往往在 3g/kg 左右, 如剖面 I-1 灌淤耕作层中的全盐量为 3.67g/kg, 其下土层也在 2g/kg 左右。碳酸盐在剖面上分布比较均匀, 有从上而下淋溶表现, 但只呈不明显的淀积现象, 其含量在 100g/kg 左右。其钙积类型的土壤在矿质土表至 100cm 范围内有钙积现象, 但不表现石膏聚集(原始土壤中无石膏聚集)。

(3) 土壤结构和机械组成 由于施肥和人为耕作培肥, 土壤结构形成, 耕作层多为粒状、块状、与其自然土壤迥然有别, 土壤物理性质大为改善, 水、肥、气、热状况协调, 为作物高产创造了有利的土壤条件。全剖面质地也比较均一, 相邻亚层的质地在美国农业部制质地三角表中也处于相同或相邻的位置。据颗粒组成分析, 其质地大多为砂壤土、壤土或粉砂壤土, 不砂不粘, 土壤耕性良好(表 2)。

表 2 土壤颗粒组成 (粒径 mm)(g/kg)

剖面号	深度 (cm)	砂粒					粉砂		粘粒 <0.002	质地
		2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.02	0.02~0.002		
I-2	0~22	4	9	37	144	120	249	259	178	粉砂壤土
	22~42	1	12	32	173	195	188	226	173	壤土
	42~68	1	1	6	116	229	230	265	173	壤土
	68~95	—	—	4	81	163	278	332	142	粉砂壤土
	95~120	—	—	6	196	229	386	116	67	粉砂壤土
I-4	0~18	1	1	4	87	122	267	313	205	粉砂壤土
	18~30	—	1	7	91	98	288	311	204	粉砂壤土
	30~56	2	2	8	133	142	233	283	197	粉砂壤土
	56~87	1	1	2	47	163	278	297	211	粉砂壤土
	87~126	—	3	4	63	182	230	314	204	粉砂壤土
	126~186	1	1	4	73	187	249	305	182	粉砂壤土

(4) 土体全量化学组成和粘土矿物成分 表 3 中的土体全量分析表明: 土壤 SiO_2/Al_2O_3 为 7.0~10.0, Fe_2O_3/Al_2O_3 为 0.24~0.32; 粘粒的全量分析为 SiO_2/Al_2O_3 为 3.8~4.1, Fe_2O_3/Al_2O_3 为 0.25~0.29; 细土全量分析中, 除 CaO 外, 其他组成成分含量无明显的差异。土壤粘粒 X 射线衍射分析也表明, 粘土矿物以水云母、绿泥石为主(李福兴 1985; 史成华 1992)。

表3 土壤细土和粘粒全量组成

剖面号	深度 (cm)	细土(<2mm)													粘粒(<0.002mm)部分				
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	SO ₄ /Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃		
	0-22	598.0	116.5	58.0	5.46	1.02	22.5	66.5	21.6	15.3	1.92	8.68	0.32	543.0	223.8	87.1	4.11	0.25	
	22-42	611.8	114.6	54.6	5.07	1.16	29.3	61.6	21.6	15.4	1.49	9.11	0.30	531.4	221.2	102.5	4.05	0.29	
I-2	42-68	585.2	113.7	55.2	5.62	1.18	57.1	49.7	21.6	15.6	1.64	8.91	0.31						
	68-95	576.4	125.8	57.8	5.57	1.22	57.9	47.5	22.3	15.5	1.63	7.80	0.29	510.5	232.7	105.6	3.73	0.29	
	95-120	657.5	111.4	49.9	5.56	0.97	25.2	49.1	22.3	18.2	1.38	10.09	0.28	481.3	218.0	137.9	3.81	0.41	
	0-18	581.4	129.9	51.0	5.8	0.98	62.3	28.8	22.8	15.7	3.12	7.63	0.25	517.8	229.9	104.4	3.84	0.29	
	18-30	583.3	128.3	50.4	6.2	1.05	65.0	29.0	22.6	15.5	1.69	7.70	0.25	531.7	224.8	100.7	4.03	0.29	
	30-56	592.3	126.4	48.9	6.2	1.01	60.9	27.7	22.2	15.7	1.51	7.98	0.25						
I-4	56-87	581.3	131.3	49.7	6.1	0.96	61.9	27.6	23.3	21.1	1.38	7.58	0.24	526.1	229.3	99.6	3.91	0.28	
	87-126	583.4	127.3	49.5	6.0	0.95	70.0	26.9	23.5	15.4	1.40	7.76	0.25						
	126-186	573.6	128.4	48.5	6.3	0.91	82.3	26.6	22.8	14.3	1.46	7.02	0.24	530.3	225.7	97.4	4.00	0.28	

分析者:过兴渡

3 代表性剖面在土壤系统分类中的地位及其分类参比

中国土壤系统分类(修订方案)(1995)将灌溉旱耕人为土土类进一步划分为寒性、弱盐、肥熟、水耕、斑纹和普通等6个亚类^[1]。现将代表性剖面在中国土壤系统分类中的位置,及与ST制^[7,8]、FAO—Unesco世界土壤图图例单元^[9]WRB^[10]的国际土壤参比如表4。

表4 代表性剖面的系统分类与国际土壤分类参比

代表性剖面号	中国土壤系统分类 (修订方案)(1995)	ST制(第7版) (1996)	FAO—Unesco 世界土壤图图例 (修订版)(1988)	WRB (1994)
I-1	弱盐灌溉旱耕人为土	典型人为锥形干旱土	耕作人为土	灌溉人为土
I-5	肥熟灌溉旱耕人为土	典型人为锥形干旱土	肥熟人为土*	灌溉人为土
I-2	水耕灌溉旱耕人为土	典型人为锥形干旱土	耕作人为土	灌溉人为土
I-3	斑纹灌溉旱耕人为土	典型人为锥形干旱土	耕作人为土	灌溉人为土
I-4	普通灌溉旱耕人为土	典型人为锥形干旱土	耕作人为土	灌溉人为土

* 因有效磷分析方法不同、标准亦异,存疑。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组,中国土壤系统分类课题研究协作组著.中国土壤系统分类(修订方案).北京:中国农业科技出版社,1995。
- 2 熊毅,李庆远主编.中国土壤(第二版).北京:科学出版社,1990。
- 3 中国科学院新疆综合考察队等编.新疆土壤地理.北京:科学出版社,1965。
- 4 陈隆亨等.河西地区水土资源及其合理开发利用.北京:科学出版社,1992。
- 5 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组,中国土壤系统分类课题研究协作组著.中国土壤系统分类(首次方案).北京:科学出版社,1991。
- 6 陈隆亨,邱醒民,李福兴.河西走廊灌溉土的系统分类.见:中国土壤系统分类进展.北京:科学出版社,1993。
- 7 Soil survey staff (钟骏平、张风荣译).土壤系统分类检索.新疆大学出版社,1994,152
- 8 United states department of agriculture natural resources conservation service. keys to soil taxonomy. (seventh edition) 1996, 229.
- 9 联合国粮农组织,联合国教科文组织,国际土壤参比与信息中心编(中国科学院南京土壤研究所译).FAO—UNESCO世界土壤图图例(修订版).(1998、罗马、1990年中文版、北京)。
- 10 龚子同.世界土壤资源参比基础(WRB)的创立及其土壤分类.土壤学进展,1995,23(5):21~27