

# 黄土高原典型流域不同土地利用类型土壤物理性质分析

李庆云, 余新晓, 信忠保, 刘淑燕, 李海光, 韩洁春

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘 要:**以黄土高原第三副区典型流域甘肃天水罗玉沟流域为研究区,对其农田、果园、林地和草地 4 种主要土地利用方式的土壤物理性质进行了分析。结果表明:(1)流域土壤平均含水量为 $(15.76 \pm 0.34)\%$ ,各土地利用类型之间存在差异,表现为农田>林地>果园>草地;(2)各土壤平均容重为 $(1.421 \pm 0.034) \text{ g/cm}^3$ ,且均随土层增加而逐渐增加,总体为林地>农田>果园>草地,与含水量有类似分布规律;(3)各土地利用类型土壤孔隙度与其容重呈负相关关系,且总孔隙度、毛管孔隙度及非毛管孔隙度均呈现林地>农田>草地>果园的特征;(4)4 种土地利用类型土壤贮水能力存在差异,林地和农田较优,高于果园和草地。值得注意的是,近些年流域大规模坡耕地改水平梯田的生产活动,对农田土壤蓄水保土功能产生较大影响,结果表明农田也具有较高土壤含水量及贮水能力。

**关键词:**流域;土地利用;持水量;容重;孔隙度

中图分类号:S151.92;F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)06-0106-05

## Analysis on Soil Physical Properties of Different Land Uses in a Typical Watershed of the Loess Plateau

LI Qing-yun, YU Xin-xiao, XIN Zhong-bao, LIU Shu-yan, LI Hai-Guang, HAN Jie-chun

(School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Soil physical properties of four main land uses (cropland, orchard, woodland and grassland) were investigated on the base of field experiments and indoor measurement from a typical watershed named Luoyugou in the third sub-region of the Loess Plateau. The main findings included: (1) The average soil moisture content was  $(15.76 \pm 0.34)\%$  in the watershed, but it existed obvious differences with regard to different land uses, and presented cropland> woodland> orchard> grassland; (2) The average soil bulk density in the watershed was  $(1.421 \pm 0.034) \text{ g/cm}^3$ , and tended to increase with soil depth increasing, generally taking on the distribution of woodland> cropland> orchard> grassland, which was similar to the above; (3) Soil porosities of the four land uses had negative correlations with soil bulk densities, besides the total porosity, capillary porosity and non-capillary porosity in each land use all presented woodland> cropland> grassland> orchard; (4) There were some differences on water storage capacity, that is, woodland and cropland took on better performances than grassland and orchard. It should be noticed that in recent years large scale sloping fields were converted to plane terraces, which produced huge influences on soil and water conservation in the cropland, and it was proved to some extent in this paper that cropland had high soil moisture and water storage capacity.

**Key words:** watershed; land use; water holding capacity; bulk density; prosity

土壤作为植物根系生长发育的基质,不断供给植物正常生长所需的养分、水分等,协调这些物质的供应具有重要意义。而掌握土壤的各种水分物理特性

正是发挥这种调节作用的前提,它影响土壤中植物营养元素的有效性及其供给能力<sup>[1]</sup>。另外,土壤物理性质也被作为评价土壤质量的重要指标,主要包括土壤容

收稿日期:2010-06-07

资助项目:国家自然科学基金(40871136)

作者简介:李庆云(1983-),女,河南济源人,博士研究生,主要研究方向:生态水文。E-mail: qingyunlys@163.com

通信作者:余新晓(1961-),男,甘肃平凉人,教授,博士生导师,主要研究方向:水土保持、生态学、生态水文。E-mail: yuxinxiao11@126.com

重、孔隙度和各种持水量等。目前国内此类研究较多<sup>[2-5]</sup>,例如杨弘对长白山阔叶红松林和暗针叶林的土壤水分物理性质进行了观测分析<sup>[6]</sup>;王夏晖分析了黄土高原有代表性的几种土壤的物理性状<sup>[1]</sup>。国外也有大量相关研究<sup>[7-8]</sup>,Hulugalle 研究了印尼 Aceh 地区受海啸影响的农田土壤物理性质<sup>[9]</sup>;Ghazavi 分析了新型耕作技术与传统耕作方式对土壤团聚度、容重、含水量等的影响差异<sup>[10]</sup>。

黄土高原是我国生态环境建设重点地区,近年来大面积退耕还林还草等工程对流域水资源及土壤-水分均造成了巨大影响。目前国内部分学者对黄土高原土地利用变化对生态水文特性影响的研究结果仍不尽一致,有研究认为林果面积增加、农田草地面积减少使产水量减少<sup>[11]</sup>,另外的研究则认为森林的存在增加径流量<sup>[12]</sup>。因而土地利用方式不同导致土壤环境特征、养分特征产生相应变化。本文选择黄河中游甘肃省重点综合治理小流域-天水市罗玉沟流域为研究区,对其 4 种不同土地利用类型土壤的几种物理特性进行了分析,定量比较这些土地利用土壤物理指标的差异。研究结果丰富了流域土壤数据,也为该区土地利用管理和农业生产中采取合理耕作措施具有一定参考作用。

## 1 研究区概况

研究区位于甘肃天水市北部的罗玉沟流域,地理位置  $105^{\circ}30' - 105^{\circ}45' E$ ,  $34^{\circ}34' - 34^{\circ}40' N$ ,属黄河中游黄土丘陵沟壑区第三副区,是渭河一级支流-藉河的一条支沟。流域面积  $72.79 \text{ km}^2$ ,长  $21.63 \text{ km}$ ,宽  $3.37 \text{ km}$ ,呈羽状(见图 1),海拔高程  $1165 \sim 1895 \text{ m}$ 。流域地貌形态以黄土梁状丘陵为主,地面陡峭崎岖,沟壑密度为  $3.54 \text{ km/km}^2$ ,大于  $25^{\circ}$  的坡面占  $12.2\%$ ,年土壤侵蚀模数达  $4908.03 \text{ t/km}^2$ 。流域属温带季风气候,平均年降雨量  $537 \text{ mm}$ ,年蒸发量  $1293.3 \text{ mm}$ ,流域内冬春干燥,夏秋多暴雨,6-10 月降雨量约占全年的  $70\%$ ,本研究时段 4 月的平均降雨量  $38 \text{ mm}$ ,为不同土地利用方式下土壤水分变化相对稳定时期。

流域内土地利用类型较复杂,农耕地占流域总面积的  $55.0\%$ ,主要农作物有小麦、玉米、马铃薯等。自然植被较差,覆盖度约  $30.0\%$ ,流域内乔木均为人工植被,灌木为天然生长,经济林以苹果、杏、梨、樱桃为主,近年经济林发展较快。本研究选取的果园、农田、林地和草地 4 种土地利用类型约占全流域面积  $82\%$ ,是流域主要土地利用方式<sup>[13]</sup>,并且均无人工灌溉条件。



图 1 罗玉沟流域地形图

## 2 研究内容与方法

于 2009 年 4 月下旬在流域内上、中、下游按照果园、农田、林地和草地 4 种土地利用类型各选取有代表性地块 6 块作为样地进行调查取样。这 24 块样地均按照  $0-10$ ,  $10-20$ ,  $20-40$ ,  $40-60 \text{ cm}$  土壤分层设置土壤剖面,并用环刀和铝盒采集原状土带回室内分析。

土壤含水量测定用烘干法,土壤容重、总孔隙度及毛管孔隙度测定采用环刀法<sup>[14]</sup>,具体计算公式如下:

$$R_s = \frac{g \times 100}{v \times (100 + w)} \quad (1)$$

$$P_t = P_c + P_o \quad (2)$$

$$R_p = \frac{P_t}{1 - P_t} \quad (3)$$

式中:  $R_s$ ——土壤容重( $\text{g/cm}^3$ );  $g$ ——环刀内湿土重( $\text{g}$ );  $v$ ——环刀容积( $\text{cm}^3$ );  $w$ ——土壤含水量( $\%$ );  $P_t$ ——土壤总孔隙度( $\%$ );  $P_c$ ——土壤毛管孔隙度( $\%$ );  $P_o$ ——土壤非毛管孔隙度( $\%$ );  $R_p$ ——土壤孔隙比。

采用下式计算土壤各种持水量指标,即:

$$W_t = 10000P_t h \quad (4)$$

$$W_o = 10000P_o h \quad (5)$$

$$W_c = 10000P_c h \quad (6)$$

式中:  $W_t$ ——土壤饱和持水量( $\text{t/hm}^2$ );  $W_o$ ——土壤贮水能力( $\text{t/hm}^2$ );  $W_c$ ——毛管持水量( $\text{t/hm}^2$ );  $h$ ——土层厚度( $\text{m}$ );其余同上。

所有数据采用 Excel 2007 和 SPSS 13.0 进行数据统计和分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 流域不同土地利用类型土壤含水量

研究区 4 种土地利用类型土壤含水量结果如表 1 所示。可以看出流域土壤平均含水量为  $15.76\%$ ,并且含水量随着土壤深度增加总体上也呈现增加趋势。不同土地利用却有较大差异:果园和草地土壤含水量随着土层增加而增加,而农田和林地则是随着土层增加含水量略有下降(图 2),并且二者含水量明显高于果园和草地,说明农田和林地这两种土地利用类

型土壤蓄积水源功能较强,使得上层土壤保持较高的土壤水分,维持植被根系利用。

4 种土地利用方式下土壤 0– 60 cm 平均含水量分别是果园 13.58%、农田 18.96%、林地 18.47%、草地 12.03%,表现出农田> 林地> 果园> 草地。农田和林地、果园和草地两两之间含水量均没有明显的差异,但农田和林地、果园和草地,即含水量较高的前两种土地利用类型和含水量较低的后两种土地利用类型这二者存在明显差异( $F=53.143, P=0.000$ )。同时农田和林地各土层间含水量变异系数较小,分别为 5.12%、4.89%,而果园和草地则波动较大,分别为 14.24%、18.65%。另外,不同土地类型间含水量变异系数远高于同一类型内变异系数,这 4 种类型样地含水量变异系数第 1– 4 层分别为 39.50%、21.46%、

16.20%、12.91%,即随着土壤深度增加,各土地利用类型间同层含水量差异逐渐减小,稳定性增强,与王晓燕等<sup>[15]</sup>研究表明土壤剖面含水量从表层到深层表现为增长型且其变异系数不断变小有类似结果,也说明这 4 种土地利用类型土壤含水量差异最主要体现在 0– 40 cm 的表层土上。

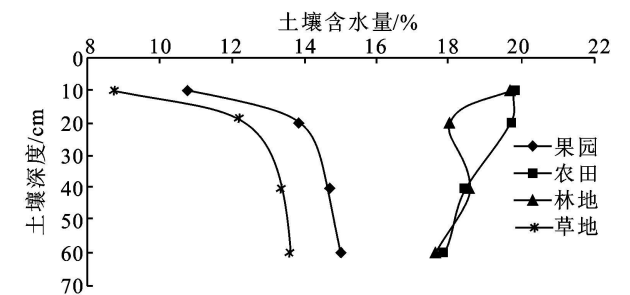


图 2 罗玉沟流域不同土地利用类型土壤含水量变化趋势

表 1 流域不同土地利用类型土壤含水量(平均值±标准误) %

土层/cm	土地利用类型				平均	类型间变异系数
	果园	农田	林地	草地		
0– 10	10.77±1.71	19.84±0.07	19.70±4.23	8.76±3.30	14.77±2.92	39.50
10– 20	13.84±0.81	19.71±1.17	18.00±1.56	12.41±2.60	15.99±1.72	21.46
20– 40	14.69±0.71	18.45±0.99	18.56±1.39	13.38±1.21	16.27±1.32	16.20
40– 60	15.00±1.18	17.85±0.75	17.63±1.72	13.60±0.82	16.02±1.03	12.91
0– 60	13.58±0.97	18.96±0.49	18.47±0.45	12.03±1.12	15.76±0.34	22.06
变异系数/ %	14.24	5.12	4.89	18.65	4.27	–

3.2 流域不同土地利用类型土壤容重

土壤容重受质地、结构性、松紧度等影响较大,有机质含量对其也有重要影响,它可以作为土壤肥力的指标之一。土壤容重越小,表明土壤越疏松,孔隙多;反之,表明土壤土体紧实,结构性差,孔隙少。罗玉沟流域这 4 种土地利用类型土壤容重分析如表 2 所示,土壤容重均随着土层深度增加而增加,流域土壤平均容重为 1.421 g/cm<sup>3</sup>,相比其他相关研究<sup>[2]</sup>,罗玉沟流域土壤容重偏大,说明流域土壤板结紧实,通气透水性能比较差,是农业生产的一个不利因素之一。

验没有发现显著性差异,但所有样地不同土层间土壤容重存在显著性差异( $F=19.576, P=0.000$ )。与前面含水量不同,各类型间同一层土壤容重变异系数较小,分别为 2.63%、2.64%、1.47%、1.80%,说明土壤质地较为均一。但同一类型内不同层次间变异系数相对较高,并且依然是果园和草地大于农田和林地。各土地利用类型 0– 60 cm 土壤平均容重为果园 1.408 g/cm<sup>3</sup>、农田 1.416 g/cm<sup>3</sup>、林地 1.455 g/cm<sup>3</sup>和草地 1.404 g/cm<sup>3</sup>,平均变异系数仅为 1.65%,表现出林地> 农田> 果园> 草地,与土壤含水量分布有类似的规律。

流域各土地利用类型间土壤容重相差不大,经检

表 2 流域不同土地利用类型土壤容重(平均值±标准误)

土层/cm	土壤容重/(g·cm <sup>-3</sup> )				平均	类型间变异系数/ %
	果园	农田	林地	草地		
0– 10	1.314±0.024	1.361±0.084	1.380±0.067	1.308±0.049	1.341±0.018	2.63
10– 20	1.402±0.068	1.370±0.090	1.449±0.049	1.372±0.063	1.398±0.018	2.64
20– 40	1.424±0.058	1.464±0.089	1.459±0.057	1.426±0.063	1.443±0.011	1.47
40– 60	1.493±0.069	1.469±0.089	1.533±0.061	1.510±0.054	1.501±0.014	1.80
0– 60	1.408±0.037	1.416±0.029	1.455±0.031	1.404±0.043	1.421±0.034	1.65
变异系数 C <sub>V</sub> / %	5.24	4.13	4.30	6.09	4.78	–

3.3 流域不同土地利用类型土壤孔隙度

土壤孔隙组成直接影响土壤通气透水性和根系穿插的难易程度,并对土壤中水、肥、气、热和微生物活性等发挥着不同的调节作用,是表征土壤结构的重

要指标之一。一般认为,土壤中大小孔隙同时存在,若总孔隙度在 50% 左右,其中非毛管孔隙占 20%~ 40% 时,土壤透水性、通气性和持水能力比较协调<sup>[4]</sup>。本研究表明这 4 种土地利用总孔隙度分别为果园

47.32%、农田 50.03%、林地 50.96%、草地48.6%，表现出林地> 农田> 草地> 果园的特征，但总体非毛管孔隙度仅占约 10%，总体以小孔隙为主，土壤黏重、紧实，通透性不良，这与流域内干旱少雨、黄土板结有关，对植被生长产生不利影响。

从表 3 中可看出这 4 种土地利用类型土壤随着土层增加，总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度均呈逐渐下降趋势，和大多研究结果相一致<sup>[4,14]</sup>，但也有研究表明随着土壤深度增加毛管孔隙度是增加的<sup>[6]</sup>。各孔隙度随土深逐渐下降说明随土层深度的增加，土壤通气透水性能下降，不利于植被的生机和

植被水土保持功能发挥。此外，所有土地类型的总孔隙度、毛管孔隙度变异系数均比较小，在 5.34% ~ 9.40% 间，而非毛管孔隙度变异系数较大，比如草地的高达30.62%，总体分布于 12.57% ~ 30.62% 间。但这 4 种土地利用类型间这 3 者均不存在显著差异，而对于所有样地不同土层之间总孔隙度、毛管孔隙度及非毛管孔隙度均存在显著性差异( $P < 0.05$ )，说明流域土壤孔隙度差异主要体现在不同土壤深度上，而土地利用方式对其影响不太显著。通过相关分析表明，土壤容重与总孔隙度关系密切，二者呈显著负相关关系( $r < -0.962$ ,  $P < 0.05$ )。

表 3 流域不同土地利用类型土壤孔隙度 (平均值±标准误)

土地利用	土层/cm	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	孔隙比
果 园	0- 10	51.70±1.26	47.82±1.16	3.88±0.48	1.070
	10- 20	49.00±2.50	46.22±1.84	2.78±0.78	0.961
	20- 40	45.50±3.19	43.41±3.13	2.09±0.70	0.835
	40- 60	43.09±4.29	40.86±3.86	2.23±0.81	0.757
	0- 60	47.32±1.90	44.58±1.54	2.74±0.41	0.898
	变异系数 $C_V$ / %	8.02	6.90	29.68	15.37
农 田	0- 10	52.88±2.29	48.47±2.40	4.41±0.74	1.120
	10- 20	52.28±2.24	48.44±1.91	3.84±0.73	1.100
	20- 40	47.95±2.73	44.15±1.80	3.80±1.10	0.920
	40- 60	47.00±2.30	44.19±1.68	2.81±0.56	0.890
	0- 60	50.03±1.49	46.31±1.24	3.72±0.33	1.000
	变异系数 $C_V$ / %	5.96	5.34	17.86	11.93
林 地	0- 10	57.67±4.09	53.22±3.44	4.45±0.98	1.362
	10- 20	50.08±0.93	45.90±0.85	4.18±0.81	1.003
	20- 40	49.77±1.52	45.77±1.24	4.00±1.26	0.991
	40- 60	46.31±1.04	43.03±1.20	3.28±0.91	0.863
	0- 60	50.96±2.40	46.98±2.18	3.98±0.25	1.039
	变异系数 $C_V$ / %	9.40	9.29	12.57	20.64
草 地	0- 10	52.17±3.33	48.60±3.21	3.57±0.27	1.091
	10- 20	50.50±3.32	47.01±2.24	3.49±0.80	1.020
	20- 40	46.78±1.12	44.27±0.97	2.51±0.57	0.879
	40- 60	44.94±0.68	43.19±0.66	1.75±0.21	0.816
	0- 60	48.60±1.66	45.77±1.24	2.83±0.43	0.946
	变异系数 $C_V$ / %	6.83	5.42	30.62	13.33
类型间变异系数 $C_V$ / %		7.46	6.53	25.73	15.28

3.4 流域不同土地利用类型土壤持水特性

从表 4 看出，罗玉沟流域不同土地利用类型土壤的各种持水量差别不是很大，土壤饱和持水量在 2 778.8~ 2 999.1 t/hm<sup>2</sup> 间，具体表现为林地> 农田> 草地> 果园。毛管/饱和含水量的比值是衡量土壤水分供应状况的重要指标。无论是从各个层次还是整个土壤剖面来看，果园和草地均略大于农田和林地，说明前二者的供水能力低于后二者。

土壤的贮水能力主要取决于土壤的非毛管孔隙

度<sup>[4]</sup>，并以此作为评价水资源涵养效能和调节水分循环的一个重要指标。计算结果表明，流域内果园、农田、林地和草地土壤 0- 60 cm 深土层的贮水能力分别为 153.0, 214.7, 231.9, 155.8 t/hm<sup>2</sup>，表现为林地> 农田> 草地> 果园，说明依然是林地和农田较优，但相对于同类研究<sup>[14]</sup>，罗玉沟流域土壤贮水能力比较低。土壤这种由非毛管孔隙充水来体现的贮水，只是土壤水分达到饱和时的瞬时水量，受重力作用的影响，会不断向土壤深层渗透，因而，这种贮水能力实际上是暂时的。

表 4 流域不同土地利用类型土壤持水量(平均值±标准误)

土地利用	土层/ cm	饱和持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	毛管持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	非毛管持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	毛管/饱和 持水量/%
果 园	0- 10	517.0±12.6	478.2±11.6	38.8±4.8	92.5
	10- 20	490.0±25.0	462.2±18.4	27.8±7.8	94.3
	20- 40	910.0±63.8	868.2±62.6	41.8±14.2	95.4
	40- 60	861.8±85.9	817.2±77.3	44.6±16.2	94.8
	0- 60	2778.8±46.8	2625.8±42.5	153.0±10.8	94.5
农 田	0- 10	528.8±22.9	484.7±24.0	44.1±7.4	91.7
	10- 20	522.8±22.4	484.4±19.1	38.4±7.2	92.7
	20- 40	959.0±54.6	883.0±36.0	76.0±21.9	92.1
	40- 60	940.0±46.1	883.8±33.6	56.2±11.3	94.0
	0- 60	2950.6±36.5	2735.9±28.1	214.7±12.0	92.7
林 地	0- 10	576.7±40.9	532.2±34.4	44.5±9.8	92.3
	10- 20	500.8±9.3	459.0±8.5	41.8±8.1	91.7
	20- 40	995.4±30.5	915.4±24.7	80.0±25.3	92.0
	40- 60	926.2±20.8	860.6±24.0	65.6±11.3	93.0
	0- 60	2999.1±25.4	2767.2±22.9	231.9±13.6	92.3
草 地	0- 10	521.7±33.3	486.0±32.1	35.7±2.8	93.2
	10- 20	505.0±33.2	470.1±32.4	34.9±8.0	93.1
	20- 40	935.6±22.4	885.4±19.4	50.2±11.3	94.6
	40- 60	898.8±13.6	863.8±13.2	35.0±4.1	96.1
	0- 60	2861.1±25.6	2705.3±24.3	155.8±6.6	94.6

4 结论与讨论

本研究以黄土高原典型流域罗玉沟为对象,对流域内果园、农田、林地和草地 4 种土地利用类型土壤 0-60 cm 土层含水量、容重、孔隙度及持水特性进行对比分析。结果显示:总的来说,流域土壤平均含水量为 15.76%,容重为 1.421 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度为 50%左右,毛管孔隙度 45%左右,非毛管孔隙度较小,仅 5%左右;这 4 种土地利用方式土壤贮水能力较低,林地最大仅为 231.9 t/hm<sup>2</sup>,其次是农田、草地,果园最低仅为 153.0 t/hm<sup>2</sup>。其中,农田和林地土壤含水量、孔隙度和持水量保持较高的水平;调查中发现果园土壤土质较紧实板结,这可能与果园日常管理踩踏有关,并且有部分红黏土分布,因而含水量较低、孔隙度也最小,而草地由于郁闭度较低,或者由于退耕还草时间较短,土质疏松且容易受到降雨侵蚀,造成蓄水保土功能不如林地及农田。

另外,土壤水分由于易受降雨和覆被类型影响而发生季节动态变化,使研究结果具有不确定性,罗玉沟流域 3-5 月多年平均降雨量 123 mm,约占全年的 22.4%,为土壤水分变化相对稳定阶段,此间的观测对今后继续研究流域土壤水分时空动态演变有重要参考作用。同时,流域不同土地利用方式土壤现状是在一定的生物气候带和母质基础上,以水力侵蚀为主,并经受长期人为农业生产活动影响的结果。因

此,土壤的理化性质从属于上述的演变而变化,特别是耕种土壤,受人为影响很大,土壤属性复杂多变。近年来开展了大量以修梯田、造林种草、果树上山等为主要内容的水土保持工作,流域内出现连片水平梯田,改善了农业生产基本条件,同时提高了基本农田蓄水保土的能力,因此增加了农田截留水源的能力,农田土壤也表现出了较高的含水量。这在本研究中也得到了验证,这 4 种土地利用方式中农田土壤含水量最高,并且具有较大的孔隙度。

本研究对深入了解黄土高原典型流域不同土地利用类型土壤水分物理特性有一定参考价值,同时建议加强多时间尺度之间的对比研究。国内外学者也做了相关研究,比如 Western<sup>[26]</sup>分析了澳大利亚 5 个不同地区土壤含水量随季节变化的动态演变;此外,退耕还林还草工程的实施,流域内林果和草地面积增大,使流域土壤对径流泥沙等水文过程也产生极大响应,这也是该区今后应加强研究的方向之一。

参考文献:

[1] 王夏晖,王益权,Kuznetsov M S. 黄土高原几种主要土壤的物理性质研究[J]. 水土保持学报,2000,14(4):99-103.

[2] 巫志龙,周新年,郑丽凤,等. 天然林择伐 10 a 后林地土壤理化性质研究[J]. 山地学报,2008,26(2):180-184.

(下转第 114 页)

化度 1~2 g/L, 对某些农作物生长有轻微危害。

(3) 中度盐渍化区。主要分布于地势较低的农田和开都河河口区, 潜水位埋深 1~3 m, 矿化度 2~10 g/L, 对农作物生长有一定危害。

(4) 重度盐渍化区。主要分布于博斯腾湖湖滨区、农田排碱干渠和河道附近, 潜水位埋深 0.5~1 m, 矿化度 15~20 g/L, 甚至达到 30 g/L 以上, 对农作物生长有极大危害, 不适合农作物生长。

## 4 结论与讨论

(1) 开都河下游灌区的土壤盐渍化土地面积减少了 415.50 km<sup>2</sup>, 盐渍化土地面积比例减少 11.84%。

(2) 盐渍化程度亦有所减缓, 盐渍地面积由 1990 年的 1 928 km<sup>2</sup>, 下降到 2008 年的 1 513.40 km<sup>2</sup>, 平均每年减少 21.87 km<sup>2</sup>, 动态度 -1.13%, 其中中度土壤盐渍化土地减缓幅度最大。

(3) 土壤盐渍化土地类型主要为氯化物-硫酸盐型盐渍化, 占 66.96%, 其中重度盐渍化占 38.39%; 其次为硫酸盐-氯化物型, 占 15.18%, 其中重度盐渍化占 11.61%。

(4) 研究区农田内中度盐渍地、轻度盐渍地、非盐渍地呈斑块状镶嵌分布, 重度盐渍地主要分布在开都河下游排碱干渠两岸和博斯腾湖北岸湖滨区。

近 20 年来, 由于区域土壤盐渍化土地的综合治理与水环境保护, 开都河下游灌区的土壤盐渍化土地面积减少, 盐渍化程度有所减缓, 但区域土壤盐渍化依然对区域的生态环境安全与社会经济的可持续发展构成威胁。因此, 区域盐渍地的开发利用和治理必须从系统的观点出发, 将研究区所在盆地的地表引水-地下水开采-灌溉排水-水土环境保护作为一个统一的整体来对待, 保持区域水土资源的可持续利用。

### 参考文献:

- [1] 田长彦, 周宏飞, 刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2000, 23(2): 176-181.
- [2] 王玉宝, 李涛, 金英春. 浅析新疆焉耆盆地土壤次生盐渍化治理途径[J]. 水文地质工程地质, 2004(6): 99-101.
- [3] 陈模, 杨绍斌. 焉耆盆地盐渍化土壤的形成与改良[J]. 国土与自然资源研究, 1992(3): 46-49.
- [4] 夏军, 左其亭, 邵民诚. 博斯腾湖水资源可持续利用[M]. 北京: 科学出版社, 2003(2): 21-25.
- [5] 刘延锋, 靳孟贵, 金英春, 等. 新疆焉耆盆地土壤盐渍化特征分析[J]. 水土保持通报, 2004, 24(1): 51-52.
- [6] 白效明. 吉林省生态环境及生态省建设的研究[M]. 长春: 吉林人民出版社, 2000: 21-23.
- (上接第 110 页)
- [3] 肖波, 赵允格, 邵明安. 陕北水蚀风蚀交错区两种生物结皮对土壤理化性质的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4662-4670.
- [4] 田大伦, 陈书军. 樟树人工林土壤水文-物理性质特征分析[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(2): 1-6.
- [5] Bi H X, Li X Y, Liu X, et al. A case study of spatial heterogeneity of soil moisture in the Loess Plateau, western China: A geo-statistical approach[J]. International Journal of Sediment Research, 2009, 24(1): 63-73.
- [6] 杨弘, 李忠, 裴铁璠, 等. 长白山北坡阔叶红松林和暗针叶林的土壤水分物理性质[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 272-276.
- [7] Alletto L, Coquet Y. Temporal and spatial variability of soil bulk density and near-saturated hydraulic conductivity under two contrasted tillage management systems[J]. Geoderma, 2009, 152(1/2): 85-94.
- [8] da Costa A, Albuquerque J A, Mafra A L, et al. Soil physical properties in crop-livestock management systems[J]. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo, 2009, 33(2): 235-244.
- [9] Hulugalle N R, Jaya R, Luther G C, et al. Physical properties of tsunami-affected soils in Aceh, Indonesia: 2 years after the tsunami[J]. Catena, 2009, 77(3): 224-231.
- [10] Ghazavi M A. Evaluation of a new tillage tool, considering soil physical property, energy requirement and potato yield[J]. Pak. J. Biol. Sci., 2007, 10(22): 4050-4056.
- [11] 刘贤赵, 宿庆, 宋孝玉, 等. 黄土高原长武试区土地利用变化对产水量的影响[J]. 农业现代化研究, 2004, 25(1): 59-63.
- [12] 郝芳华, 陈利群, 刘昌明, 等. 土地利用变化对产流和产沙的影响分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 5-8.
- [13] 张晓明. 黄土高原典型流域土地利用/森林植被演变的水文生态响应与尺度转换研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [14] 孙艳红, 张洪江, 程金花, 等. 缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 106-109.
- [15] 王晓燕, 陈洪松, 王克林, 等. 不同利用方式下红壤坡地土壤水分时空动态变化规律研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 110-113.
- [16] Western A W, Zhou S L, Grayson R B, et al. Spatial correlation of soil moisture in small catchments and its relationship to dominant spatial hydrological processes[J]. Journal of Hydrology, 2004, 286: 113-134.