

绿洲边缘不同土地利用方式下的土壤质量变化及分析

桂东伟^{1,2,3}, 雷加强^{1,3*}, 曾凡江^{1,3}, 穆桂金^{1,3}, 杨发相^{1,3}, 朱军涛^{1,2,3}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 新疆策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 策勒 848300)

摘要: 绿洲化进程加剧导致绿洲边缘土地覆被状况发生变化, 为探讨绿洲边缘不同土地利用方式对土壤属性及土壤质量的影响, 以塔里木盆地南缘策勒绿洲边缘人为垦殖的棉田、果园、沙拐枣林地及自然状态下骆驼刺覆被样地等4种土地利用方式为研究对象, 利用土壤质量相对指数(RI)及土壤质量综合指数(SQI)分别探讨各样地间在0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm内土壤质量变化状况; 同时利用分形理论对各样地表层土壤的粒径分布(PSD)属性进行分析. 结果表明, 土壤有机质及总氮指标在各样地间均存在显著性差异; 各样地每层土壤的RI及SQI排序相同, 棉田及果园利用方式对0~20 cm的土壤质量有明显促进作用; 但随着土壤深度增加, 自然覆被骆驼刺样地土壤质量逐渐高于其余样地; 而对自然植被进行替代的沙拐枣林地, 其各层土壤指标及土壤质量均处于最低水平, 表层土壤PSD分形维数分析也表明沙拐枣林地保持土壤细粒成分能力最差.

关键词: 绿洲边缘; 土地利用方式; 土壤质量; 粒径分布; 策勒

中图分类号: X144 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2010)09-2248-06

Changes and Analysis of Soil Quality Under Different Land Use Types in Oasis Rim

GUI Dong-wei^{1,2,3}, LEI Jia-qiang^{1,3}, ZENG Fan-jiang^{1,3}, MU Gui-jin^{1,3}, YANG Fa-xiang^{1,3}, ZHU Jun-tao^{1,2,3}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Cele National Station of Observation & Research for Desert-Grassland Ecosystem in Xinjiang, Cele 848300, China)

Abstract: The aggravation process of oasisization leads to changes of land use type in oasis rim. In order to discuss the effects of different land use types on soil properties and soil quality, the four land use types located Cele oasis rim in south margin of Tarim Basin, which are the cotton field, orchard, and *Caligonum mongolicum* Turcz land use type reclaimed by people and nature state land use type covered by *Alhagi sparsifolia* SHAP, were selected as study object. The relative soil quality index (RI) and the soil quality synthesis index (SQI) were used to analyse the changes of soil quality between four land use types within 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm soil depth, respectively. Meantime, the fractal theory was used to analyse the particle-size distribution (PSD) property of top soil under different land use types. The results indicated that there was a significant difference in the soil organic matter and total nitrogen in same soil depth between four land use types; the order ranked according to RI was same to the order ranked according to SQI in each soil depth between four land use types. The cotton field and orchard have an obviously positive effect on soil quality of the top soil, however, the soil quality of *Alhagi sparsifolia* SHAP land use type was gradually increasing along with the increasing soil depth. The soil properties and soil quality of *Caligonum mongolicum* Turcz land use type were at the lowest level according to the comparison results among all land use types, and the calculation results of PSD fractal dimension also indicated the *Caligonum mongolicum* Turcz land use type had the worst ability on maintaining soil fine fractions.

Key words: oasis rim; land use type; soil quality; particle size distribution(PSD); Cele

土地利用与土地覆被的变化对土壤养分等属性具有显著影响^[1~4], 而对于风蚀或水蚀严重的区域, 土地利用方式的变化还会对土壤粒径分布特征 (particle-size distribution, PSD) 这一重要物理属性产生影响, 使保持土壤细粒成分能力发生变化^[5~7]. 通过不同土地利用方式下土壤养分属性及其综合指标, 以及土壤 PSD 属性变化分析, 能敏感地揭示出土壤条件的动态变化, 反映出土壤恢复或退化的状况^[2, 8~10], 进而有助于实现土壤资源持续利用及防止土壤退化^[2, 11, 12].

新疆作为典型的干旱地区, 绿洲是当地人民生活的重要载体. 在过去的 50 多年里, 由于人口及经济的压力, 绿洲的边缘不断向绿洲-荒漠交错带延伸, 进而使交错带不断减少^[13, 14], 其中农田是最主要的土地利用方式^[12]. 然而这种绿洲化进程也带来了许多生态问题, 由于水资源不足而导致许多绿

收稿日期: 2009-08-12; 修订日期: 2010-03-19

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2009BAC54B01)

作者简介: 桂东伟 (1977 ~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为荒漠环境, E-mail: guidwei@163.com

* 通讯联系人, E-mail: desert@ms.xjb.ac.cn

洲边缘农田出现撂荒现象,进而产生土地退化及风沙危害等环境恶化现象^[15]。这种现象在位于风蚀危害严重的新疆南部塔里木盆地南缘绿洲尤其明显,因此为遏制这些生态问题,当地居民或自觉或在政府引导下开始逐渐在绿洲边缘增加果园等需水量相对较少的不同土地利用方式。但位于绿洲边缘的这些土地利用方式对不同深度的土壤属性有何影响,其土壤质量变化状况如何,相关的研究仍然相对缺乏。

本文以塔里木盆地南缘的策勒绿洲为主要研究区,依托中国科学院策勒野外观测研究站,选取策勒站于1994年在策勒绿洲边缘建立的果园、棉田、沙拐枣林地及自然状态下骆驼刺覆被的土地利用方式为研究对象,应用综合有效的土壤质量评价方法来量化分析不同土地利用方式对不同深度土壤属性及土壤质量的影响。土壤属性的选取中,由于土壤有机质及土壤养分、容重等指标对土壤质量有显著影响^[13, 14],因此重点选取土壤有机质、 ρ 、总磷、总钾、有效氮、有效磷、有效钾及容重等指标进行分析及土壤质量计算。同时对各样地表层土壤的PSD进行分析。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

策勒绿洲位于塔克拉玛干沙漠南缘中段、昆仑山北麓(35°17'55" ~ 39°30'00" N, 80°03'24" ~ 82°10'34" E)。研究区属典型的大陆性干旱气候,年均降水量35.1 mm,年均蒸发量2595.3 mm,干燥度20.8^[16]。常年多风并以西北风为主风向。发源于昆仑山的策勒河是当地的主要河流,多年平均径流量为 $1.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。风向以西北风为主,昼夜温差较大,年均温日较差在15℃以上。绿洲的东、西部被自然植被所包围,南部与流动沙丘和戈壁相连,属于独特的荒漠-绿洲型生态系统,土壤以风沙土为主^[12, 16]。

1.2 土壤取样及分析

1994年策勒站在绿洲的西北边缘垦殖土地,种植果树、沙拐枣(*Caligonum mongolicum* Turcz.)及棉花农作物。其中果树以枣树及杏树为主,果园、沙拐枣林地及棉田面积均为1hm²左右。果园与棉田在长期的耕作管理中与当地农户管理方式相同,即不进行额外的投入,其中果园的年均灌溉水量为棉田年均灌溉水量的2/3左右,灌溉水量在策勒河水不足的情况下以地下水补充;沙拐枣林地则在种植后

前3年进行灌溉,其成活后不进行灌溉。这3种人为垦殖的土地利用方式首先被选取并进行土壤取样,由于各土地利用方式在开垦前为荒漠草甸,植被以骆驼刺(*Alhagi sparsifolia* SHAP)为主,因此在附近选取1hm²面积的骆驼刺覆被的样地作为参照样地(control plot, CTP),盖度约为38.9%,同样进行土壤取样并参与分析。这样共有果园(orchard, ORC)、棉田(cotton field, CFD)、沙拐枣林地(*Caligonum mongolicum* Turcz landuse, CML)及骆驼刺样地(CTP)等绿洲边缘4种土地利用方式的土壤样品用来参与分析。

于2008年10月棉花作物收割完后对各样地进行土壤取样。在每个样地内均随机选取6个点,对0~20 cm、20~40 cm及40~60 cm的3层土壤进行样品收集。土壤样品带回实验室进行分析,土壤测定项目包括土壤容重(BD)、土壤有机质(SOM), ρ (TN)、总磷(TP)总钾(TK)、有效氮、(AN)、有效磷(AP)、有效钾(AK)等8项指标,测定方法见文献[17]。

各样地0~20 cm的表层土壤样品还用来进行粒度分析,获取土壤PSD数据。取土样0.5 g,加30%过氧化氢(H₂O₂),在72℃下去除有机质,加盐酸(HCl)去除碳酸盐;加超纯水稀释,静置,除上清液以除酸,反复静置除酸直至pH为6.5~7;然后加入六偏磷酸钠(NaHMP),超声30 s后用激光粒度仪Mastersizer 2000测量土壤各粒径的体积分数。获取的PSD数据利用分形理论进行PSD分形维数计算及分析。

1.3 土壤质量分析评价

首先参照土壤退化指数概念^[18],提出土壤相对质量指数(RI)。即以自然状态下骆驼刺覆被下的土壤指标测定值为基准,将其余土地利用方式土壤指标测定值于骆驼刺样地进行对比,进而得到各土地类型的RI值。计算公式如下:

$$RI = \sum_{i=1}^n [(x_i - x'_i)/x'_i] \times 100\% / n \quad (1)$$

式中,RI为土壤相对质量指数, x'_i 为骆驼刺样地对应的各层土壤属性因子值; x_i 为各样地同层土壤属性因子值(SOM, TN, TP, TK, AN, AP, AK, BD)。由于土壤容重指标值越高表明土壤状况越差,因此实际计算中容重的计算采用了其差值的相反数^[19]。各样地的RI值如果为正值,则表明其土壤质量相对高于骆驼刺样地;相反,如果为负值,则表明其土壤质量相对低于骆驼刺样地。

其次采用国际上常用的土壤质量综合指数 (SQI) 计算方法, 对各土地利用方式不同层的 SQI 进行计算. SQI 计算结果可以同 RI 结果进行相互对比验证, 计算公式如下:

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i S_i \quad (2)$$

式中, SQI 为土壤质量综合指数, W_i 为因子的权重系数, 利用主成分分析进行计算^[20], S_i 为各因子线性转换后重新被赋予的值; S_i 根据土壤属性因子值为“越多越好”或“越少越好”的原则进行排序, 如果该属性因子值为“越多越好”, 则用该属性各值分别除以最大值, 以确定最大因子值被赋予“1”; 相反则用该属性最小值除以各因子值, 以确定最小因子值被赋予“1”, 各因子值通过线性变换控制在 0~1 区间^[9, 20, 21].

1.4 表层土壤 PSD 分形维数分析

基于 PSD 数据计算出的分形维数作为一个有效参数, 能简单直观地反映出土壤粒度变化状况^[22]. PSD 分形维数计算采用 Tyler 等^[23]的方法, 计算公式如下:

$$\frac{V(r < R_i)}{V_T} = \left(\frac{R_i}{R_{\max}} \right)^{3-D} \quad (3)$$

式中, r 是粒径, R_i 表征粒径划分中第 i 级粒径, $V(r < R_i)$ 为粒径小于 R_i 的土壤颗粒体积, V_T 是土壤所有颗粒体积, $R_{\max}$ 是土壤颗粒中最大粒径, D 为分形维数. 式(3)两边取对数, 根据对数曲线的拟合斜率可求得 D 值.

1.5 统计分析

利用单因素方差分析 (ANOVA) 对各样地土壤属性进行显著性检验, 并通过最小显著性检验 (LSD) 方法进行多重 $\bar{t}$; 利用 Person 相关分析探讨各样地表层土壤 PSD 分形值与黏粒、粉粒及砂粒之间的相关性. ANOVA、LSD、Pearson 相关分析及 SQI 指数计算中的主成分分析均在 SPSS 软件中进行.

2 结果与分析

2.1 绿洲边缘 4 种土地利用方式各层土壤属性的变化

4 种土地利用方式的各层土壤属性变化状况见表 1. 各样地土壤指标变化方面, 在 0~20 cm 各样地土壤属性中, 棉田各土壤指标基本上处于最高位水平, 而沙拐枣林地各土壤指标则基本上处于最低位水平; 果园各土壤指标中, SOM 及 TN 显著高于骆

驼刺样地, 其 N 标则与骆驼刺样地无显著区别, 但指标值相对较低; 骆驼刺样地各土壤指标尽管同沙拐枣林地无显著区别, 但指标值相对较高. 20~40 cm 各样地土壤属性变化大致与 0~20 cm 相同, 棉田及沙拐枣林地的各土壤指标仍然分别位于最高、最低水平, 但骆驼刺样地各指标与果园无显著差别, 且总体上优于果园. 在 40~60 cm 的各样地土壤属性中, 棉田、果园及骆驼刺样地各土壤指标均无显著性差异, 但骆驼刺样地的土壤指标值已位于最高位水平, 而沙拐枣林地的各土壤指标值仍为最低.

根据各土地利用方式的不同层土壤属性的 ANOVA 分析及 LSD 多重比较结果, 差异性主要体现在 SOM 及 TN 指标上, 这是因为沙拐枣林地同其余土地利用方式相比, 其 SOM 及 TN 指标变异最大. 如在 0~20 cm 土壤属性中, 沙拐枣林地与骆驼刺样地的 SOM、TN 无显著性差异, 但却显著低于棉田及果园; 而在 20~40 cm、40~60 cm 中, 沙拐枣林地的 SOM、TN 则显著低于其它土地利用方式. 除 SOM、TN 指标外, 各土地利用方式的不同层其它土壤属性总体上则无显著性差异 (表 1).

2.2 各土地利用方式不同层土壤质量评价

利用各土壤属性平均值对各土地利用方式进行相对质量指数 RI (%) 及土壤质量综合指数 SQI 计算. 首先利用公式 (1) 对 RI 指数进行计算, 由于取自自然状态下的骆驼刺样地土壤属性为基准值, 因此其各层土壤质量的 RI 为 0, 图 1 反映出各土地利用方式不同层的 RI 及其变化状况. 由图 1 可以看出, 在 0~20 cm 内, RI 值中棉田及果园为正值, 反映出其土壤质量高于骆驼刺样地, 其中棉田高出 199.8%, 而沙拐枣林地则为 -16.9%, 低于骆驼刺样地; 20~40 cm 内, RI 值中只有果园为正值, 沙拐枣林地最低, 为 -27.97%; 40~60 cm 内, 3 种土地利用方式的 RI 值均为负值, 表明各样地该层的土壤质量均低于骆驼刺样地, 其中沙拐枣林地仍为最低, 为 -32.25%.

在通过主成分分析确定各土地利用方式不同层各土壤指标的权重 (W) 及相应的线性转换值 (S) 后, 利用公式 (2) 对 SQI 进行计算, 图 2 反映出 SQI 的具体变化状况. 由图 2 可以看出, 各土地利用方式不同层 SQI 的变化趋势与 RI 的变化趋势完全相同. 即在 0~20 cm 内, SQI 顺序为: CFD > ORC > CTP > CML; 20~40 cm 内为: CFD > CTP > ORC > CML; 40~60 cm 内为: CTP > CFD > ORC > CML. 沙拐枣林地的各层土壤的 SQI 均处于最低水平.

表 1 绿洲边缘 4 种土地利用方式土壤属性均值、标准差及显著性检验¹⁾

Table 1 Mean, standard deviation and ANOVA test of soil properties from four landuse types in oasis rim (mean ± SD)						
土壤深度	指标	棉田	果园	骆驼刺	沙拐枣	F 值
0 ~ 20 cm	SOM/ g·kg ⁻¹	4.69 ± 1.32a	3.64 ± 0.86a	2.06 ± 0.39b	1.71 ± 0.29b	8.54 **
	TN/ g·kg ⁻¹	0.33 ± 0.04a	0.26 ± 0.03b	0.14 ± 0.14c	0.13 ± 0.02c	26.79 **
	TP/ g·kg ⁻¹	0.72 ± 0.19a	0.57 ± 0.01ab	0.53 ± 0.02b	0.53 ± 0.04b	2.59ns
	TK/ g·kg ⁻¹	16.22 ± 0.28a	16.05 ± 1.92a	17.12 ± 0.61a	16.37 ± 0.21a	0.64ns
	AN/ mg·kg ⁻¹	22.59 ± 7.60a	7.63 ± 7.98a	35.88 ± 35.33a	11.75 ± 10.72a	1.29ns
	AP/ mg·kg ⁻¹	41.21 ± 35.53a	2.71 ± 1.80b	2.78 ± 1.09b	2.64 ± 0.43b	3.51ns
	AK/ mg·kg ⁻¹	110.00 ± 16.46a	119.67 ± 9.29a	196.33 ± 45.65a	149.00 ± 79.73a	2.05ns
	BD/ g·cm ⁻³	1.27 ± 0.05a	1.30 ± 0.03ab	1.31 ± 0.10ab	1.36 ± 0.06b	2.09ns
20 ~ 40 cm	SOM/ g·kg ⁻¹	3.03 ± 0.63a	2.70 ± 0.559a	2.30 ± 0.30a	1.36 ± 0.16b	7.71 **
	TN/ g·kg ⁻¹	0.22 ± 0.04a	0.19 ± 0.01ab	0.16 ± 0.01b	0.10 ± 0.02c	14.4 **
	TP/ g·kg ⁻¹	0.54 ± 0.06a	0.56 ± 0.04a	0.56 ± 0.03a	0.52 ± 0.01a	0.39ns
	TK/ g·kg ⁻¹	16.45 ± 0.28a	15.80 ± 1.49a	17.17 ± 0.53a	16.15 ± 0.06a	1.56ns
	AN/ mg·kg ⁻¹	22.03 ± 21.56ab	5.08 ± 0.26b	39.63 ± 4.78a	7.40 ± 11.10b	4.99 *
	AP/ mg·kg ⁻¹	7.16 ± 4.39a	1.19 ± 0.76b	1.81 ± 0.68b	1.60 ± 0.51b	4.66 *
	AK/ mg·kg ⁻¹	122 ± 2.65ab	96.67 ± 7.02b	151.67 ± 44.23a	102.67 ± 15.31b	3.27ns
	BD/ g·cm ⁻³	1.34 ± 0.07ab	1.32 ± 0.07ab	1.27 ± 0.07b	1.36 ± 0.04a	2.766ns
40 ~ 60 cm	SOM/ g·kg ⁻¹	2.32 ± 0.05a	2.57 ± 0.28a	2.47 ± 0.43a	1.37 ± 0.21b	11.75 **
	TN/ g·kg ⁻¹	0.18 ± 0.00a	0.18 ± 0.02a	0.18 ± 0.02a	0.09 ± 0.03b	15.87 **
	TP/ g·kg ⁻¹	0.51 ± 0.04a	0.52 ± 0.01a	0.54 ± 0.03a	0.51 ± 0.06b	0.33ns
	TK/ g·kg ⁻¹	17.36 ± 0.37a	15.78 ± 2.92a	17.54 ± 0.39a	16.77 ± 0.99a	0.77ns
	AN/ mg·kg ⁻¹	20.79 ± 17.84a	8.76 ± 3.22a	20.27 ± 17.14a	3.17 ± 3.66a	1.43ns
	AP/ mg·kg ⁻¹	1.86 ± 1.01a	0.67 ± 0.38a	2.05 ± 1.28a	1.29 ± 0.39a	1.56ns
	AK/ mg·kg ⁻¹	151.67 ± 54.65a	96.67 ± 12.42a	126.67 ± 22.72a	100 ± 3.46a	2.16ns
	BD/ g·cm ⁻³	1.292 ± 0.03b	1.39 ± 0.04a	1.27 ± 0.03b	1.41 ± 0.06a	20.14 **

1) 不同字母表示各土地利用方式存在显著性差异; * 表示 0.01 水平, * 表示 0.05 水平, ns 表示不显著

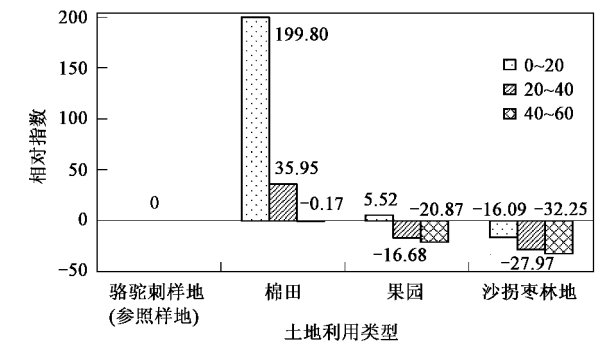


图 1 各土地利用方式不同深度土壤质量相对指数
Fig. 1 Soil quality relative index of different soil depths
in four landuse types

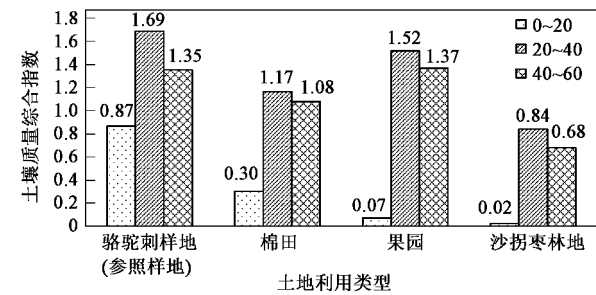


图 2 各土地利用方式不同深度土壤质量综合指数
Fig. 2 Soil quality index of different soil depths
in four landuse types

2.3 各土地利用方式表层土壤 PSD 的变化

激光粒度仪能对 0 ~ 2 000 μm PSD 范围进行测量,但对所有样品分析过程中发现其 PSD 范围均在 0.35 ~ 1 000 μm 之间,因此在该区间内用仪器自带软件对土壤粒径按对数间隔划分 64 级^[6],利用公式(3)计算各土地利用方式表层土壤 PSD 的分形维值.4 种土地利用方式表层土壤 PSD 分维值中,沙拐枣林地显著低于棉田、果园及骆驼刺样地,而该 3 种土地利用方式中则无显著性差异,其分维值变化状况(均值)为: ORC (2.18) > CFD (2.17) > CTP (2.07) > CML(1.82).

将各样地的分维值与土壤的黏粒(<2 μm)、粉粒(2 ~ 50 μm)及砂粒(50 ~ 2 000 μm)含量分别做 Pearson 相关分析,结果表明分维值同黏粒、粉粒含量呈极显著正相关,而同砂粒含量则呈极显著负相关,相关系数分别为 0.95、0.71、-0.74($p < 0.01$, 双尾检验).沙拐枣林地分维值显著低于其它土地利用方式,表明其黏粒、粉粒含量显著处于最低水平,而砂粒含量则显著处于最高水平.

3 讨论

了解土地利用方式变化对土壤属性及土壤质量

的影响,有利于土壤质量稳定、提高及土地的可持续利用^[24].绿洲化进程加剧使绿洲边缘土地覆被状况发生变化,通过对塔里木盆地南缘策勒绿洲边缘人为垦殖的棉田、果园、沙拐枣林地及骆驼刺覆被自然状态下的4种土地利用方式不同层土壤属性及土壤质量分析,显示绿洲边缘土地利用方式差别会对土壤属性及土壤质量产生不同影响.

策勒绿洲常年受强烈风蚀影响,通过对各样地表层土壤 PSD 物理属性分析,可以初步判别各土地利用类型保持土壤细粒成分的能力,进而得出抵御风蚀能力的差别^[5,7,10].根据 PSD 分形维分析,反映出分维值同土壤细粒成分含量成正比,而与粗粒成分含量成反比的这一特点^[5~7,25],因此可以有效揭示各土地利用类型下土壤 PSD 变化状况.由于各样地位置相邻,风蚀作用对各样地影响程度相同,但分维值结果显示棉田、果园及骆驼刺样地之间分维值无显著差异,但均同沙拐枣林地 PSD 分维值存在显著性差别.这表明对自然覆被骆驼刺进行替换而种植沙拐枣林地可能会破坏原有自然土壤状况,减弱抵御风蚀能力;而由一定人工物质能量输入的棉田及果园土地利用类型则抵御风蚀能力与自然覆被无显著差异.

已有研究显示土壤 PSD 属性同 SOM 指标具有显著正相关性^[6,7].因此若不考虑人为因素,在表层土壤中,骆驼刺样地、果园及棉田表层土壤 SOM 应显著高于沙拐枣林地,但由于对果园、棉田常年的灌溉及施肥管理,骆驼刺表层土壤 SOM 尽管高于沙拐枣林地却显著低于果园及棉田;而由于 SOM 含量对 TN 含量有显著影响^[26],各样地 TN 指标变化同 SOM 相相似;其余各指标 $\bar{i}$ 中,骆驼刺样地与果园、棉田相比也相对位于低位水平,这表明人为管理因素对表层土壤属性具有重要影响.而在 20~40 cm 中,骆驼刺样地各指标值虽然仍然较低于果园、棉田,但相比于表层差距已经减少,其中 SOM 及 TN 指标总体上已无显著差异,表明人为因素对该层土壤属性影响减弱;至 40~60 cm 中,骆驼刺样地各指标则同果园、棉田已无差异,表明人为因素对该层土壤深度已无影响.但无论各层深度内,沙拐枣林地各指标均位于最低水平,进一步反映该土地利用方式对土壤养分持有能力最差.

基于各土壤属性而得出一个综合土壤指标,可以有效地反映出土壤质量,并进行直观的 $\bar{i}$ 及评价^[20,27,28].在对各土地利用方式各层土壤质量的计算及 $\bar{i}$ 中,无论是相对质量指数 RI 还是土壤质量

综合指数 SQI,各样地土壤质量的排序分析结果均相同,二者相互验证了土壤质量计算结果的合理性.沙拐枣林地各层指标均位于最低水平,因此其土壤质量也均最低;在表层土壤质量排序中,棉田及果园相对较好,骆驼刺样地相对较低;但随着土壤深度的增加,骆驼刺样地样地的土壤质量同样逐渐优于其它样地,并最终处于最高水平.不同土壤深度的土壤质量变化状况表明,尽管一些人为增加的土地利用方式在大量的外界物质能量下能对表层土壤或内层土壤质量有一定的提高作用,但并不意味着能提高自然植被覆被下各层土壤深度下的土壤质量,甚至可能会降低深层土壤的质量.

在热带、温带及半干旱地区的研究表明:自然状态下的林地、灌木及草地土地利用类型在向人工垦殖土地利用类型的转换过程中,土壤养分及土壤质量会出现明显退化现象^[29~31].而位于极端干旱环境下的绿洲区域,本研究中对骆驼刺自然覆被替换的沙拐枣林地变化状况体现出土壤退化状况,但棉田及果园土地利用类型土壤属性及土壤质量则无此特点,相反在表层土壤中均对土壤属性具有一定改善作用,这表明在干旱区土地利用方式下土壤属性变化具有自身特点,由于其自身土壤属性相对贫瘠,对其进行合理的外界物种能量输入的生产型土地利用类型有助于土壤属性及土壤质量的保持与提高.

4 结论

(1)绿洲发展与水资源承载力及其合理利用紧密相关.在水资源相对有保障的前提下,对绿洲边缘土地的开发利用过程中,棉田及果园等人为土地利用方式会对表层土壤属性及土壤质量有积极促进作用,其中果园由于需水量少于农田,因此从该层土壤质量、生产角度、及需水角度考虑,果园可以作为优先的土地利用方式.

(2)如果水资源相对保障不够的前提下,保持骆驼刺自然植被覆被状态则是最优选择,因为当农田、果园等土地利用方式由于用水不够而出现撂荒现象时,会对土壤属性、质量产生严重的负面作用,而为保障生产而过度采用地下水,也将会对自然状态下的骆驼刺等自然植被产生重要影响,进而会导致更多的生态问题.无论水资源充分与否,弃骆驼刺自然植被而种植沙拐枣林地,从保护土壤环境的角度则应该放弃.

参考文献:

[1] 刘瑞民,丁晓雯,杨志峰,等.土地利用/覆盖变化对长江上

- 游非点源污染影响研究[J]. 环境科学, 2006, **27** (12): 2407-2414.
- [2] Fu B J, Chert L D, Ma K M, *et al.* The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the Loess Plateau in northern Shaanxi, China[J]. Catena, 2000, **39**: 69-78.
- [3] 秦胜金, 刘景双, 王国平, 等. 三江平原不同土地利用方式下土壤磷形态的变化[J]. 环境科学, 2007, **28** (12): 2777-2782.
- [4] 尹刚强, 田大伦, 方晰, 等. 不同土地利用方式对湘中丘陵区土壤质量的影响[J]. 林业科学, 2008, **44** (8): 9-15.
- [5] 胡云锋, 刘纪远, 庄大方, 等. 不同土地利用/土地覆盖下土壤粒径分布的分维特征[J]. 土壤学报, 2005, **42** (2): 336-339.
- [6] Wang D, Fu B J, Zhao W W, *et al.* Multifractal characteristics of soil particle size distribution under different land-use types on the Loess Plateau, China[J]. Catena, 2008, **72**: 29-36.
- [7] Gui D W, Lei J Q, Zeng F J, *et al.* Characterizing variations in soil particle size distribution in oasis farmlands: A case study of the Cele Oasis[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2009, doi: 10.1016/j.mcm.2009.10.035.
- [8] Kosmas C, Gerontidis S, Marathanou M. The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos (Greece)[J]. Catena, 2000, **40**: 51-68.
- [9] Sharma K L, Mandal U K, Srinivas K, *et al.* Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol[J]. Soil & Tillage Research, 2005, **83**: 246-259.
- [10] Su Y Z, Zhao H L, Zhao W Z, *et al.* Fractal features of soil particle size distribution and the implication for indicating desertification[J]. Geoderma, 2004, **122**: 43-49.
- [11] 刘世梁, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 坡面土地利用方式与景观位置对土壤质量的影响[J]. 生态学报, 2003, **23** (3): 414-420.
- [12] 桂东伟, 雷加强, 穆桂金, 等. 干旱区农田不同利用强度下土壤质量分析与评价[J]. 应用生态学报, 2009, **20** (4): 894-900.
- [13] 胡汝骥, 樊自立, 王亚俊, 等. 近 50a 新疆气候变化对环境影响评估[J]. 干旱区地理, 2001, **24** (2): 97-103.
- [14] 唐克旺, 王研, 王芳, 等. 西北地区生态环境现状和演化规律研究[J]. 干旱区地理, 2002, **25** (2): 132-138.
- [15] 高前兆. 塔里木盆地南缘水资源开发与绿洲的生态环境效应[J]. 中国沙漠, 2004, **24** (3): 782-392.
- [16] 曾凡江. 策勒绿洲生态系统的可持续发展对策[J]. 干旱区研究, 1999, **16** (1): 29-34.
- [17] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996. 50-112.
- [18] Davidson E A, Ackerman I L. Changes of soil carbon inventories following cultivation of previously untitled soils [J]. Biogeochemistry, 1993, **20**: 161-193.
- [19] Lowery B, Swan J, Sehumacher T, *et al.* Physical properties of selected soils by erosion class [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1995, **50**: 306-311.
- [20] Gui D W, Lei J Q, Mu G J, *et al.* Effects of different management intensities on Soil quality of farmland during oasis development in southern Tarim Basin, Xinjiang, China [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2009, **16**: 295-391.
- [21] Mandal U K, Warrington D N, Bhardwaj A K, *et al.* Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis[J]. Geoderma, 2008, **144**: 161-193.
- [22] 杨金玲, 李德成, 张甘霖, 等. 土壤颗粒粒径分布质量分形维数和体积分形维数的对比[J]. 土壤学报, 2008, **45** (3): 413-419.
- [23] Tyler S W, Wheatcraft S W. Fractal scaling of soil particle size distributions: analysis and limitations[J]. Soil Science Society of America Journal, 1992, **56**: 362-369.
- [24] Gong J, Chen L D, Fu B J, *et al.* Effect of land use on soil nutrients in the Loess hilly area of the Loess Plateau, China[J]. Land Degradation & Development, 2006, **17**: 453-465.
- [25] 赵文智, 刘志民, 程国栋. 土地沙质荒漠化过程的土壤分形特征[J]. 土壤学报, 2002, **39** (6): 877-881.
- [26] Brubaker S C, Jones A J, Lewis D T, *et al.* Soil properties associated with landscape positions [J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, **57**: 235-239.
- [27] Erkossa T, Itanna F, Stahr K. Indexing soil quality: a new paradigm in soil science research[J]. Australian Journal of Soil Research, 2007, **45**: 129-137.
- [28] FU B J, Meng Q H. Effects of land use on soil erosion and nitrogen loss in the hill area of the loess plateau [J]. Land Degradation & Development, 2004, **15**: 87-96.
- [29] Lepsch I F, Menk J R F, Oliveira J B. Carbon storage and other properties of soils under agriculture and natural vegetation in Sao Paulo State, Brazil [J]. Soil Use Management, 1994, **10**: 34-42.
- [30] Davidson E A, Ackerman I L. Changes of soil carbon inventories following cultivation of previously untitled soils [J]. Biogeochemistry, 1993, **20**: 161-193.
- [31] Wang J, Fu B J, Qiu Y, *et al.* Analysis on soil nutrient characteristics for sustainable land use in Danangou catchment of the Loess Plateau, China[J]. Catena, 2003, **54**: 17-29.