

# 塔里木盆地北缘绿洲不同土地利用方式下 土壤有机碳含量及其碳矿化特征

李杨梅<sup>1,2</sup>, 贡璐<sup>1,2</sup>, 解丽娜<sup>1,2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘要:** [目的] 探讨土地利用方式对土壤有机碳含量及碳矿化的影响, 为塔里木盆地北缘绿洲土壤生态系统的保护和恢复建设提供理论依据。[方法] 基于野外采样和室内培养试验, 分析土壤有机碳含量的基本特征, 利用回归分析法拟合出土壤有机碳矿化动态变化过程。[结果] 矿化累积释放的 CO<sub>2</sub> 含量大小依次为: 果园>棉田>人工林>弃耕地>荒草地>盐碱地>沙地。不同土地利用方式土壤有机碳矿化反应趋势相同, 1~6 d 为快速分解阶段, 日均矿化量高但反应时间短, 6~28 d 为缓慢分解阶段, 动态变化与前者相反。有机碳矿化率大小依次为: 沙地>荒草地>盐碱地>弃耕地>人工林>棉田>果园, 沙地最高, 达(10.36±0.24)%, 表明沙地土壤有机碳稳定性最差, 而果园具有较强的固定有机碳能力。[结论] 土地利用方式对土壤有机碳矿化及其固碳能力均有显著影响。

**关键词:** 塔里木盆地; 土地利用方式; 土壤有机碳含量; 有机碳矿化

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)03-0216-06

**中图分类号:** S153.6<sup>+</sup>21

**文献参数:** 李杨梅, 贡璐, 解丽娜. 塔里木盆地北缘绿洲不同土地利用方式下土壤有机碳含量及其碳矿化特征[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 216-221. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.036; Li Yangmei, Gong Lu, Xie Lina, et al. Soil organic carbon content and carbon mineralization characteristics under different land use types in Northern Tarim Basin[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 216-221. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.036

## Soil Organic Carbon Content and Carbon Mineralization Characteristics Under Different Land Use Types in Northern Tarim Basin

LI Yangmei<sup>1,2</sup>, GONG Lu<sup>1,2</sup>, XIE Lina<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Xingjiang University, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region 830046, China;  
2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region 830046, China)

**Abstract:** [Objective] Illustrating the effects of land use change on soil organic carbon (SOC) content and SOC mineralization, to provide theoretical basis for soil ecosystem preservation and restoration of oasis in the northern marginal zones of the Tarim Basin. [Methods] Based on field sampling and laboratory incubation experiment, the basic characteristics of SOC content were analyzed. Regression analysis was used to investigate the dynamic change process of SOC mineralization. [Results] The accumulative amounts of SOC mineralization of different land use types ranked as: orchard>cotton>artificial forest>abandoned farmland>barren grassland>saline-alkali land>sandy soil. The chronical trends of SOC mineralization of different land use types were almost the same during the cultivation period. The daily SOC mineralization rate involved two stages of fast (1 to 6 d) and slow (6 to 28 d) decomposition. The former stage had shorter duration and more daily decomposition quantity; while the latter was opposite. Organic carbon mineralization rates tended to decrease in the order: sandy soil>barren grassland> saline-alkali land> abandoned farmland>artificial forest>cotton>orchard. The rates of organic carbon mineralization were the highest in sandy soils, about (10.36±0.24)%. It indicated that sandy soil had the lowest stability of the soil organic carbon, while carbon

收稿日期: 2016-09-20

修回日期: 2016-10-13

资助项目: 新疆维吾尔自治区科技人才培养项目“自治区青年科技创新人才培养工程”(qn2015yx002); 新疆维吾尔自治区教育厅办公室项目“基于稳定碳同位素技术的干旱区绿洲土壤碳库转化研究”(XJGR12016023)

第一作者: 李杨梅(1992—), 女(汉族), 四川省蓬溪县人, 硕士研究生, 主要研究方向为干旱区资源与环境。E-mail: liyangmei199203@163.com。

通讯作者: 贡璐(1978—), 女(汉族), 江苏省丹阳市人, 博士(后), 教授, 主要从事干旱区资源与环境问题研究。E-mail: gonglu721@163.com。

sequestration ability of orchard was higher as compared to those of other land use types. [Conclusion] Both of SOC mineralization and carbon sequestration ability could be obviously influenced by different land use types.

**Keywords:** Tarim Basin; land use types; soil organic carbon content; organic carbon mineralization

土壤有机碳是土壤的重要组成部分,能维持土壤良好的物理结构,为植物提供生长所需碳素并通过分解作用向大气释放 CO<sub>2</sub> 等温室气体<sup>[1]</sup>。土壤碳库是陆地生态系统中最大的碳库,其微小变化就可影响到碳向大气的排放量,进而影响全球气候变化,使得土壤有机碳动态的研究成为了热点<sup>[2]</sup>。作为土壤有机碳库循环的重要过程,土壤有机碳矿化是土壤有机碳动态的一个重要方面,对土地利用及其变化较为敏感<sup>[3]</sup>。不同土地利用方式引起的植物群落组成和结构上的变化,及其相应地上、地下资源输入的改变势必会影响着土壤物理、化学和生物过程<sup>[3]</sup>,进而对土壤有机碳及其矿化过程产生重要影响。研究不同土地利用方式下土壤有机碳的分布规律及其矿化过程,为提高土壤固碳潜力,维持土壤结构,保持土壤质量,合理和可持续利用土壤资源提供科学依据。目前国内外学者对土壤有机碳矿化及其影响因素进行了大量的研究,且多集中于森林、草原、湿地、农田、城市生态系统<sup>[4-7]</sup>,包含热带、黄土区、青藏高原等地区<sup>[8-9]</sup>,较少涉及某一区域内多种土地利用方式的综合性分析,针对干旱区绿洲不同土地利用方式下土壤有机碳及其矿化的研究尚未见报道。

塔里木盆地北缘绿洲属于生态环境变化的敏感地区,其大规模的农业生产活动、高强度的土地资源开发及不合理的灌溉垦殖方式加剧了土壤沙漠化、贫瘠化、盐碱化<sup>[10]</sup>,直接影响土壤有机质的累积,导致绿洲土壤退化,生产力下降,破坏区域土壤生态系统平衡。本文拟以塔里木盆地北缘绿洲阿拉尔垦区为靶区,分析不同土地利用方式下土壤有机碳含量的差异,探讨土壤有机碳矿化的动态变化规律,旨在为区域土壤生态系统的保护和恢复建设提供理论指导和实践意义,并为干旱区绿洲土地资源可持续发展做出贡献。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

阿拉尔垦区(80°30′—81°58′E,40°22′—40°57′N)位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区,地处天山南麓、塔克拉玛干沙漠北缘、塔里木河上游,阿克苏河与和田河、叶尔羌河交汇之处。该垦区地处欧亚大陆腹地,远离海洋,属典型的暖温带大陆性干旱荒漠气候。昼夜温差较大,年均气温 10.7℃;降水稀少,年降水量 17.4~42.8 mm;蒸发强烈,年蒸发量 1 125~1 600 mm。该垦区地势较为平坦,沿河岸及冲沟两侧

略有抬升,平均海拔 1 012 m。作为典型的荒漠—绿洲型生态系统,土壤形成比较简单,粉砂壤土为主要土壤类型,土壤母质以棕漠土为主。果园、人工林、棉田、盐碱地、荒草地和沙地是该区的主要土地利用类型。

### 1.2 样地选择与取样

为研究不同土地利用方式下土壤有机碳的状况,在研究区所属农一师十二团设置样方。采样时间为 2014 年 8 月。样方面积均为 5 m×5 m,选择海拔高度一致、地理位置相邻、土壤性质均一的 7 种土地利用类型,即棉田、人工林(主要植被类型为胡杨 *Populus euphratica*)、果园(主要植被类型为枣树 *Zizyphus jujuba*)、荒草地(主要植被类型为芦苇 *Phragmites australis*、骆驼刺 *Alhagi sparsifolia* 等,分布于农田与沙漠交错地带)、弃耕地(主要植被类型为甘草 *Glycyrrhiza uralensis* 芦苇、花花柴 *Karelinia caspia*、猪毛菜 *Salsola collina* 等,分布于农田外围)、沙地(主要植被类型为骆驼刺,分布于塔克拉玛干沙漠边缘)和盐碱地(主要植被类型为怪柳 *Tamarix chinensis*、盐爪爪 *Kalidium foliatum*,分布于农田外围)为研究样地。在遵循典型性、代表性的原则下对每种土地利用类型选取 5 个样方,每个样方按照 S 型设置 5 个样点。采集各样点表层土壤样品(0—20 cm),将 5 个样点采取的土样去除石块及植物根系,充分混匀后按四分法取 1 kg 土样入袋,封装好带回实验室,自然风干后研磨过 80 目(0.178 mm)筛,以供试验分析使用。

### 1.3 测定方法

土壤有机碳含量的测定采用浓硫酸—重铬酸钾外加热法<sup>[11]</sup>。土壤有机碳矿化培养试验采用短期室内恒温培养、碱液吸收法测定有机碳矿化量<sup>[4]</sup>。称取 50 g 风干土壤放置 500 ml 培养瓶中,加入去离子水调整含水量为其田间最大持水量的 60%,均匀平铺于瓶底部。之后将盛有 10 ml 0.1 mol/L NaOH 溶液的小烧杯小心地置于培养瓶内,将培养瓶密封,于 25℃ 的培养箱中进行暗培养,每个土样培养重复 5 次。在培养后的第 1,3,6,10,15,21,28 d 取出小烧杯,加入 1 mol/L BaCl<sub>2</sub> 溶液 1 ml 和 3 滴酚酞指示剂,用 0.1 mol/L HCl 滴定至红色消失,记录数据,根据 CO<sub>2</sub> 的释放量计算培养期内土壤有机碳的矿化量。

### 1.4 数据处理

试验获取数据采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 处理与分析。7 种土地利用方式下土壤有机碳含量和

矿化特征进行单因素方差分析(one-way ANOVA),运用方差同质性(homogeneity of variance)检验方法检验方差是否齐性,当方差齐性时,多重比较使用LSD法,反之,使用  $T_2$  Tamhane's test 进行多重比较( $\alpha=0.05$ ),并采用回归分析,获得土壤有机碳矿化的动态规律。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土地利用方式下的土壤有机碳含量特征分析

由表 1 可见,研究区土壤有机碳含量总体水平不高,最小值为 0.40 g/kg,最大值为 8.18 g/kg,平均

值为 3.52 g/kg。不同的土地利用方式下土壤有机碳含量存在一定程度的差异性,大小依次为:果园>棉田>人工林>弃耕地>盐碱地>荒草地>沙地。果园土壤有机碳含量最大,均值达 5.39 g/kg,棉田次之为 4.39 g/kg,显著高于盐碱地、荒草地和沙地( $p<0.05$ ),其他各土地利用方式之间有机碳含量差异性均不显著。

变异系数反映随机变量的离散程度(一般认为  $C_v \leq 10\%$  为弱变异性;  $10\% < C_v < 100\%$  为中等变异性;  $C_v \geq 100\%$  为强变异性。),7 种土地利用方式下土壤有机碳含量均表现出中等程度变异。

表 1 不同土地利用方式下土壤有机碳含量的描述性统计( $n=5$ )

土地利用类型	土壤有机碳含量							
	最小值/ ( $g \cdot kg^{-1}$ )	最大值/ ( $g \cdot kg^{-1}$ )	平均值/ ( $g \cdot kg^{-1}$ )	中值/ ( $g \cdot kg^{-1}$ )	标准差/ ( $g \cdot kg^{-1}$ )	变异系数	峰度	偏度
果园	2.00	8.18	5.39 <sup>a</sup>	6.28	3.41	0.63	-0.30	-1.03
棉田	1.40	6.58	4.39 <sup>a</sup>	4.79	2.19	0.50	1.50	-1.00
人工林	1.00	6.98	3.64 <sup>ab</sup>	3.59	2.69	0.74	1.40	0.11
弃耕地	1.00	4.79	3.09 <sup>ab</sup>	3.29	1.73	0.56	-2.57	-0.43
盐碱地	0.40	2.79	1.30 <sup>b</sup>	1.00	1.05	0.81	2.23	1.44
荒草地	0.40	1.80	1.05 <sup>b</sup>	1.00	0.60	0.57	-5.65	0.06
沙地	0.40	1.00	0.70 <sup>b</sup>	0.70	0.26	0.37	3.11	1.69
总体	0.40	8.18	3.52	3.45	2.68	0.76	-0.45	0.82

### 2.2 不同土地利用方式下土壤有机碳矿化特征分析

2.2.1 不同土地利用方式下土壤有机碳累积矿化量特征分析 作为有机碳矿化特征的指标之一,土壤有机碳累积矿化量指在一段时间内且在特定的培养条件下的土壤有机碳矿化释放  $CO_2$  数量(以  $CO_2 \mu g/g$  干土计)<sup>[12]</sup>。从图 1 可见,不同土地利用方式下,土壤短期培养 28 d 后,土壤有机碳累积矿化量变化顺序为:果园>棉田>人工林>弃耕地>荒草地>盐碱地>沙地,与有机碳含量排序大体相同。单因素方差分析显示,土壤有机碳矿化释放  $CO_2$  含量在不同土地利用方式下存在显著差异性( $df=6, F=5.763, p<0.05$ ),其中,土壤有机碳累积矿化量以果园最高,为 85.83  $\mu g/g$ ,棉田次之,与人工林差异不显著,但与荒草地、弃耕地、盐碱地和沙地差异性显著,人工林、荒草地、弃耕地和盐碱地相对较低,4 种土地利用方式土壤有机碳累积矿化量之间差异不显著,沙地最小,为 72.37  $\mu g/g$ ,与盐碱地和荒草地无显著性差异。不同土地利用方式土壤有机碳累积矿化量能够反映出土壤矿化释放  $CO_2$  的能力。从图 2 可知,在短期培养过程中,7 种土地利用方式下的土壤有机碳累积矿化量均呈上升趋势,参照不同模型对有机碳累积矿化量与培养时间进行回归分析,并比较相关系数大小,得到二者的函数关系(表 2),表明相关性很高,R

值都在 0.98 以上,且均达到极显著水平( $p<0.01$ ),说明线性函数能很好的描述实验室短期培养期间不同土地利用方式下土壤有机碳的分解状况。

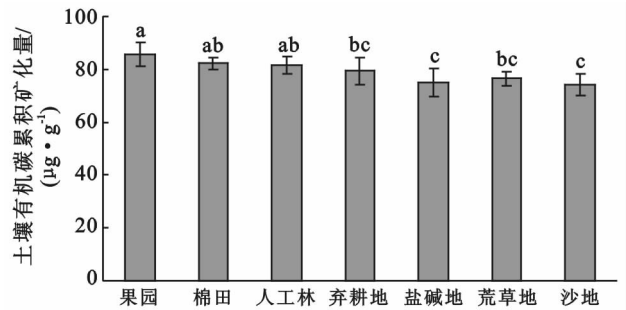


图 1 不同土地利用方式下土壤有机碳矿化 28 d 累积释放的 C(以  $CO_2$  计)含量

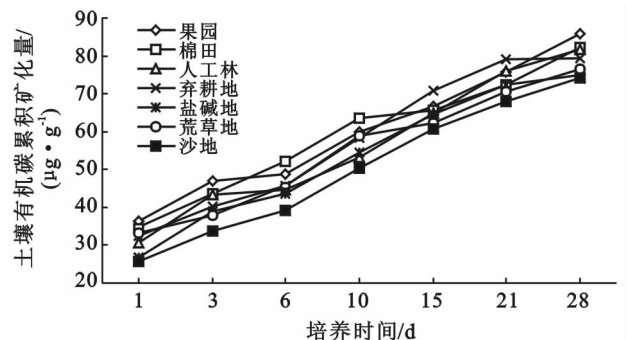


图 2 培养期间不同土地利用方式下土壤有机碳累积(以  $CO_2$  计)矿化量变化

表 2 不同土地利用方式土壤有机碳日均矿化量、累积矿化量随培养时间变化的拟合方程

土地利用类型	日均矿化量			累积矿化量		
	回归方程	R	p	回归方程	R	p
果园	$y=34.444x^{-0.5749}$	0.985 4	0.003 **	$y=7.999 3x+28.104$	0.992 6	0.000 **
棉田	$y=33.374x^{-0.5607}$	0.995 0	0.003 **	$y=7.667 1x+28.561$	0.989 1	0.001 **
人工林	$y=29.354x^{-0.5056}$	0.976 2	0.006 **	$y=8.517 9x+22.361$	0.988 3	0.001 **
弃耕地	$y=29.838x^{-0.4964}$	0.975 9	0.006 **	$y=8.718 2x+23.126$	0.984 6	0.005 **
盐碱地	$y=26.139x^{-0.4553}$	0.990 7	0.025 *	$y=8.398 9x+20.174$	0.988 9	0.004 **
荒草地	$y=30.319x^{-0.5452}$	0.983 2	0.009 **	$y=7.581 4x+24.658$	0.992 6	0.002 **
沙地	$y=23.811x^{-0.4375}$	0.975 4	0.007 **	$y=8.588 6x+16.769$	0.991 8	0.002 **

注:  $y$  为有机碳日均矿化量或累积矿化量;  $x$  为培养时间; \*\* 表明相关性极显著 ( $p < 0.01$ ); \* 表明相关性显著 ( $p < 0.05$ )。

2.2.2 不同土地利用方式下土壤有机碳日均矿化量及其动态变化 单位重量干土每天释放的  $\text{CO}_2$  表征土壤有机碳的日均矿化量,在培养过程中用有机碳日均矿化量的平均值来表示<sup>[12]</sup>。由图 3 可以得到不同土地利用方式下土壤有机碳日均矿化量的变化曲线,表明 7 种土地利用方式下土壤有机碳分解速率曲线相同,都存在 2 个明显的阶段特征:1~6 d 为快速分解阶段,反应时间短,日均矿化量高但不稳定,有大幅度的下降;6~28 d 为缓慢分解阶段,反应时间长,日均矿化量均有一定程度的降低,但降低幅度较小且趋于稳定。28 d 短期培养结束后,7 种土地利用方式下有机碳日均矿化量的平均值为  $11.31 \mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{d})$ ,是第 1 d 均值的 36.01%。回归分析表明,在培养期间各土地利用方式的土壤有机碳日均矿化量与培养时间均符合幂函数关系(见表 2), $R$  值均在 0.97 以上,都达到极显著性水平 ( $p < 0.01$ )。

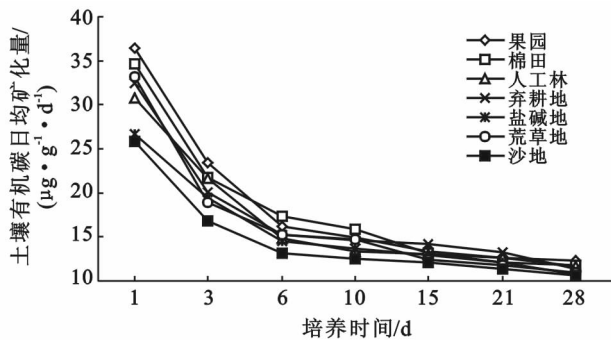


图 3 培养期间不同土地利用方式下土壤有机碳日均矿化量(以  $\text{CO}_2$  计)变化

### 2.3 不同土地利用方式下土壤有机碳矿化率变化

有机碳矿化率指在一定时间内有机碳矿化释放的  $\text{CO}_2$  占土壤总有机碳的比例,有机碳矿化率值越低,说明土壤对碳固定的能力强,反之则固碳能力弱<sup>[12]</sup>。从图 4 可见,短期培养 28 d 后,与土壤有机碳含量排列顺序完全相反,7 种土地利用方式下土壤有机碳矿化率大小顺序为:沙地>荒草地>盐碱地>弃

耕地>人工林>棉田>果园。沙地土壤有机碳矿化率最大,达到  $(10.36 \pm 0.24)\%$ ,荒草地次之,达  $(7.30 \pm 0.25)\%$ ,盐碱地为  $(5.87 \pm 0.42)\%$ ,弃耕地、人工林、棉田和果园较低,分别是沙地的 24.81%,21.62%,18.14%,15.38%。单因素方差分析表明,土地利用方式的不同对表层土壤有机碳矿化率产生了极显著影响 ( $p < 0.01$ ),其中,沙地的矿化率显著高于其他 6 种土地利用方式,最不利于土壤有机碳的累积;除弃耕地和人工林之间无显著性差异外,其余各土地利用方式均存在显著性差异。

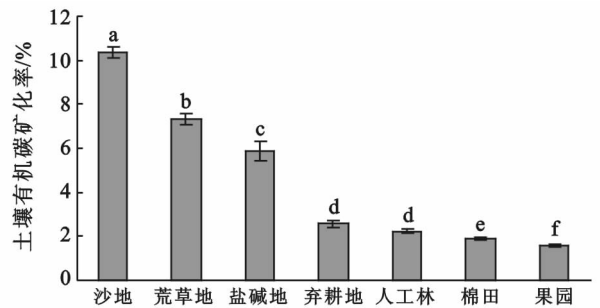


图 4 不同土地利用方式下土壤有机碳矿化率变化

## 3 讨论

在不同土地利用方式下,植物种类的差异导致了耕作方式和管理模式的不同,进而改变了土壤的结构及肥力,使土壤具有不同的物理、化学以及生物特性<sup>[13]</sup>,土壤有机碳含量也存在一定的差异。马忠明等<sup>[14]</sup>究表明,相同土层不同耕作方式下土壤总有机碳含量差异较大。王莹等<sup>[13]</sup>对不同土地利用方式分析发现,表层土壤有机碳含量大小顺序为:耕地>果园地>荒草地。研究区不同土地利用方式下土壤有机碳含量有一定程度的差异性,这与上述结果一致。这主要是因为不同土地利用方式有不同的植被覆盖,植被类型可以反映出植被向土壤输入有机质量的高低<sup>[13]</sup>。果园、棉田作为绿洲主要耕作土壤,由于农户进行长期施肥、灌溉等田间管理,使得其有机碳含量

高于其他 5 类土壤;人工林和弃耕地因农民疏于管理,有机肥施用较少,植物种类较少,导致土壤有机碳含量较低;荒草地和盐碱地没有施肥和土壤耕作,土壤有机质含量明显较低;沙地植被盖度最低,受风沙活动的影响,有机碳含量均低于其他土类。

土壤有机碳矿化是土壤中重要的生物化学过程,直接关系到土壤养分元素的释放与供应,CO<sub>2</sub> 气体的排放以及土壤质量的维持<sup>[15]</sup>。测定土壤有机碳矿化释放 CO<sub>2</sub> 的主要方法是短期室内土壤需氧培养法,该方法有效控制了温度和湿度,且有机碳没有输入和输出,因此,培养过程中释放 CO<sub>2</sub> 的趋势和强度可以反映出,在温度和湿度一定的条件下,不同土地利用方式下土壤有机碳的稳定性和周转速率的差异<sup>[12]</sup>。土地利用方式不同造成的土壤有机碳含量改变,直接对土壤有机碳的矿化过程和矿化速率产生不同程度的影响。在相同培养条件下,研究区不同土地利用方式下土壤的矿化速率存在显著差异也证实了这一点。作为主要农田土壤,果园、棉田与人工林土壤一致,受人为活动影响较大,长期的施肥管理与盐分随灌溉水的不断下移导致其有机碳含量高于弃耕地、盐碱地、荒草地和沙地,因此果园、棉田和人工林在培养时间内土壤有机碳累积矿化量显著高于其他 4 种土地利用方式。弃耕地、盐碱地、荒草地和沙地土壤有机碳累积矿化量均相对较低,可能是由于,弃耕地有机碳含量较高,但人类活动破坏土壤结构,且难以恢复;荒草地和盐碱地植被稀疏,土壤中盐分含量较高,有机物质不易分解;沙地地表几乎无植被覆盖,有机碳含量极低。

不同土地利用方式下的土壤具有相同的有机碳矿化动态过程。在培养前期,土壤有机碳日均矿化量较高但不稳定,下降幅度较大;随着培养时间的延长,日均矿化量继续下降,但幅度较小且趋于稳定,这与以往的大多数研究结果相同<sup>[12,15-16]</sup>。张文娟等<sup>[17]</sup>研究发现,土壤有机碳矿化量在不同土地利用下的动态变化存在先快后慢、先高后低的趋势。王翠萍<sup>[18]</sup>对不同利用方式分析表明,土壤有机碳矿化也存在类似结果特征。这与土壤活性有机碳随培养时间延长逐渐减少有关。说明在矿化培养前期,土壤中易分解的活性有机碳类物质被迅速分解,随着这类物质的分解和消耗,导致微生物在矿化后期被迫分解较难分解的有机碳类物质,分解速率逐渐降低,CO<sub>2</sub> 释放量减少。因而随着培养时间的持续,有机碳的日均矿化量处于相对稳定的较低水平。不同土地利用方式下土壤有机碳矿化也随时间变化表现一定的规律性。杨添等<sup>[19]</sup>研究发现,不同天然林土壤的矿化特征可以由

双指数方程准确反映。而李忠佩等<sup>[20]</sup>认为,在短期矿化培养试验中,土壤有机碳累计矿化量的动态规律可以由线性模型最优拟合;与郝瑞军等<sup>[15]</sup>对城市人工林研究的结果也一致,在控制温度和湿度条件的实验室培养下,线性函数可以很好的拟合短期培养期间土壤的有机碳分解状况。

土地利用方式的不同,导致土壤有机碳含量和土壤碳矿化速率都存在差异,这些差异体现在土壤有机碳矿化率变化方面。土壤有机碳矿化率的大小从某种程度上反映了土壤的固碳能力。戴慧等<sup>[21]</sup>研究发现,土地利用类型对土壤有机碳矿化率产生了显著影响,这与本研究结果一致。这可能与土壤养分含量和土壤结构等因素有关。果园和棉田土壤结构良好,地表植被覆盖度相对较大,定期的田间管理使土壤中所含有机碳等养分含量较高,具有较强的固碳能力;人工林和弃耕地对土壤扰动较少,但植物种类较少,土壤有机碳含量较低,固碳能力较弱;盐碱地土壤盐分较高,不利于植物正常生长,土壤养分较少,固碳能力明显较弱;荒草地土壤沙化严重,土壤有机碳积累很少,土壤质量较低,具有较弱的固碳能力;沙地则砂粒含量极高,土壤物理结构较差,地表几乎无植被覆盖,有效土层薄,肥力水平低,土壤固碳能力极低。

## 4 结论

(1) 塔里木盆地北缘绿洲阿拉尔垦区土壤有机碳含量总体水平不高,不同土地利用方式下土壤有机碳含量存在一定程度的差异( $p < 0.05$ ),其表现为:果园 > 棉田 > 人工林 > 弃耕地 > 盐碱地 > 荒草地 > 沙地。

(2) 土地利用方式的不同对土壤有机碳矿化具有显著影响( $p < 0.05$ )。矿化累积释放的 CO<sub>2</sub> 含量大小以果园最高,达 85.83 μg/g,沙地最低,为 72.37 μg/g。线性函数能更好的拟合土壤累积释放 CO<sub>2</sub> 量的变化趋势( $p < 0.01$ )。土壤有机碳矿化包含 2 个阶段特征:快速分解阶段和缓慢分解阶段。不同土地利用方式土壤有机碳日均矿化量变化与培养时间均符合幂函数关系。

(3) 不同土地利用方式对土壤有机碳矿化率存在显著性差异( $p < 0.01$ ),其大小依次为:沙地 > 荒草地 > 盐碱地 > 弃耕地 > 人工林 > 棉田 > 果园。说明沙地固碳能力最弱,果园固碳能力最强。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Zhou Ping, Li Yong, Ren Xiu'e, et al. Organic carbon mineralization responses to temperature increases in sub-

- tropical paddy soils[J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2014,14(1):1-9.
- [2] 贾曼莉,郭宏,李会科.渭北生草果园土壤有机碳矿化及其与土壤酶活性的关系[J]. *环境科学*, 2014, 35(7): 2777-2784.
- [3] 方丽娜,杨效东,杜杰.土地利用方式对西双版纳热带森林土壤微生物生物量碳的影响[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(4):837-844.
- [4] 巩晟萱,王丹,戴伟,等.不同生长时期丝栗栲林下土壤有机碳含量及矿化特征[J]. *水土保持通报*, 2015, 35(5): 59-63.
- [5] 王若梦,董宽虎,何念鹏,等.围封对内蒙古大针茅草地土壤碳矿化及其激发效应的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(12):3622-3629.
- [6] Cheng Xiaoli, Yang Yuanhe, Li Ming, et al. The impact of agricultural land use changes on soil organic carbon dynamics in the Danjiangkou Reservoir area of China[J]. *Plant and Soil*, 2013, 366(1):415-424.
- [7] Liu Yong, Wang Cheng, Yue Wenzhe, et al. Storage and density of soil organic carbon in urban topsoil of hilly cities: A case study of Chongqing Municipality of China [J]. *Chinese Geographical Science*, 2013, 23(1):26-34.
- [8] 马昕昕,许明祥,杨凯.黄土丘陵区刺槐林深层土壤有机碳矿化特征初探[J]. *环境科学*, 2012, 33(11): 3893-3900.
- [9] Gao Junqin, Ouyang Hua, Lei Guangchun, et al. Effects of temperature, soil moisture, soil type and their interactions on soil carbon mineralization in Zoigê Alpine Wetland, Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Chinese Geographical Science*, 2011, 21(1):27-35.
- [10] 贡璐,张雪妮,吕光辉,等.塔里木河上游典型绿洲不同土地利用方式下土壤质量评价[J]. *资源科学*, 2012, 34(1):120-127.
- [11] 李衍青,蒋忠诚,罗为群,等.植被恢复对岩溶石漠化区土壤有机碳及轻组有机碳的影响[J]. *水土保持通报*, 2016, 36(4):158-163.
- [12] 严毅萍,曹建华,梁毅,等.桂林毛村岩溶区三种亚类石灰土有机碳矿化研究[J]. *地球与环境*, 2012, 40(2): 219-226.
- [13] 王莹,刘淑英,王平.不同土地利用方式下秦王川灌区土壤活性有机碳库的变化[J]. *干旱区资源与环境*, 2014, 28(5):103-108.
- [14] 马忠明,吕晓东,刘莉莉.耕作方式对绿洲灌区农田土壤有机碳及其分布的影响[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(1):122-128.
- [15] 郝瑞军,方海兰,沈烈英.城市典型人工林土壤有机碳含量及其矿化特征比较[J]. *园林科技*, 2011, 119(1):7-12.
- [16] Mi Jia, Li Jianjun, Chen Dima, et al. Predominant control of moisture on soil organic carbon mineralization across a broad range of arid and semiarid ecosystems on the Mongolia Plateau [J]. *Landscape Ecology*, 2015, 30(9):1683-1699.
- [17] 张文娟,廖洪凯,龙健,等.贵州喀斯特山区土地利用对土壤有机碳及其周转速率的影响[J]. *生态学杂志*, 2014, 33(5):1297-1303.
- [18] 王翠萍.不同土壤微生物量碳与有机碳矿化的关系研究[J]. *广东农业科学*, 2013, 34(11):52-54.
- [19] 杨添,戴伟,安晓娟,等.天然林土壤有机碳及矿化特征研究[J]. *环境科学*, 2014, 35(3):1105-1110.
- [20] 李忠佩,张桃林,陈碧云.可溶性有机碳的含量动态及其与土壤有机碳矿化的关系[J]. *土壤学报*, 2004, 41(4):544-552.
- [21] 戴慧,王希华,阎恩荣.浙江天童土地利用方式对土壤有机碳矿化的影响[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(7):1021-1026.

(上接第 215 页)

- [8] Hahs A K, McDonnell M J. Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 78(4):435-448.
- [9] 孙海清,许学工.北京绿色空间土地分析及适应性管理研究[J]. *北京大学学报:自然科学版*, 2008, 7, 44(4): 632-638.
- [10] 俞龙生,符以福,喻怀义,等.快速城市化地区景观格局梯度动态及其城乡融合区特征:以广州市番禺区为例 [J]. *应用生态学报*, 2011, 1(22):171-180.
- [11] 陈建伟,张煜星.湿润指数与干燥度关系的探讨[J]. *中国沙漠*, 1996, 16(1):79-82.
- [12] 成方妍,刘世梁,尹艺洁,等.基于 MODIS NDVI 的广西沿海植被动态及其主要驱动因素[J]. *生态学报*, 2017, 37(3):1-10.
- [13] 李敏,盛毅.高斯拟合算法在光谱建模中的应用研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28(10)2352-2355.