

土地利用方式对土壤微生物生物量碳和土壤养分的影响

郭月峰¹, 祁伟^{1,2}, 姚云峰¹, 高玉寒¹, 张美丽¹

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010011; 2. 内蒙古水利水电勘测设计院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要:以天然草地、由天然草地转化成的农用坡耕地和 22 年生小叶杨人工林 3 种土地利用方式为研究对象, 分析了土壤微生物生物量碳与土壤养分的变化规律, 以揭示土壤微生物生物量碳与土壤养分对不同土地利用方式的响应规律, 为内蒙古农牧交错带的生态建设提供依据。结果表明: 不同土地利用方式明显影响土壤微生物生物量碳的含量, 且 3 种不同土地利用方式土壤微生物生物量碳含量差异显著 ($P < 0.05$), 表现为 22 年生小叶杨人工林 > 天然草地 > 农用坡耕地; 不同土地利用方式土壤微生物生物量碳的垂直分布表现为随土壤深度的增加而降低; 土壤微生物生物量碳与速效钾、全氮、pH 以及容重呈显著相关关系, 说明土壤微生物生物量碳可作为衡量土壤质量变化的重要敏感指标。

关键词:土壤微生物生物量碳; 土壤养分; 土地利用变化

中图分类号:S 154.33 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0166-04

不同土地利用方式对土壤有机碳的动态影响研究是目前气候环境变化研究的热点^[1-2]。土地利用的改变不仅直接影响土壤有机碳的含量及其分布, 还间接影响土壤有机碳的变化, 如通过影响土壤有机碳形成与转化因子而间接影响土壤有机碳^[3]。只占土壤有机碳含量很少比例的土壤微生物生物量碳, 其对周围土壤环境变化非常敏感, 较土壤有机碳相比而言, 其周转率更大也更短, 所以土壤微生物生物量碳能在检测到土壤总有机碳含量变化之前反映出土壤有机质的变化。有研究表明, 土地利用变化是影响土壤微生物生物量碳的重要因子之一^[4-5]。近年来, 不合理土地利用方式彻底改变了我国北方农牧交错带生态系统的组成, 但关于该区域土地利用方式如何影响土壤微生物生物量碳的研究鲜见报道。因此, 该试验研究了北方农牧交错带不同土地利用方式对土壤微生物生物量碳与土壤养分的影响, 以期为进一步研究和合理估算土地利用类型对土壤有机碳的影响提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于北方农牧交错带典型流域——内蒙古

第一作者简介:郭月峰(1982-), 女, 博士, 讲师, 研究方向为荒漠化防治。E-mail: guoyuefeng0525@126.com

责任作者:姚云峰(1959-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事荒漠化和水土保持等研究工作。E-mail: 18904718855@163.com

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31500584); 内蒙古自然科学基金资助项目(2016MS0407); 内蒙古应用研究与开发计划资助项目(20110732); 内蒙古自治区高等学校科学研究资助项目(NJZZ16055)。

收稿日期:2016-02-14

赤峰市敖汉旗黄花甸子流域, 地处北纬 $42^{\circ}17' \sim 42^{\circ}33'$, 东经 $119^{\circ}36' \sim 119^{\circ}53'$ 。属中温带半干旱大陆性季风气候。年平均气温 7.5°C , 极端最高温 39.7°C , 极端最低温 -30.7°C , 年平均降水量 435 mm。植被以人工植被为主。

黄花甸子流域位于中国北方农牧交错区, 流域面积约 32 km^2 , 海拔 $440 \sim 906\text{ m}$ 。土壤主要以栗钙土居多, 风沙土次之, pH 在 8 以上。20 世纪 80 年代前后, 该地区进行了大量的开垦与采伐和人工植被的更新, 形成了天然草地、人工林和由天然草地开垦而来的农地等多样的土地利用类型。

1.2 研究对象

以 22 年生小叶杨人工林、农用坡耕地和天然草地 3 种土地利用类型为研究对象。其中人工林是由原天然草地人工更新种植而成, 农用坡耕地是 17 世纪 90 年代末由原天然草地开垦而成。

1.3 试验方法

兼顾地形要素基本一致的地段设立采样区, 在 22 年生小叶杨人工林固定样地内, 分别设置 3 个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的标准地, 每个标准地内沿对角线及中心分别布置一个采样点。农用坡耕地和天然草地兼设置 3 个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的标准地, 每个固定标准地内随机布设 5 个固定采样点。每个采样点均按 $0 \sim 10$ 、 $10 \sim 20$ 、 $20 \sim 40$ 、 $40 \sim 60$ 、 $60 \sim 100\text{ cm}$ 分层采样。样土分成 2 份: 1 份用于测定土壤微生物生物量碳; 另 1 份用于测定土壤其它理化性质。

1.4 项目测定

土壤微生物生物量碳含量采用氯仿熏蒸浸提法^[6]测定; 土壤容重采用环刀法测定; 自然含水率采用烘干

法(105℃)测定。

全氮含量采用半微量开氏蒸馏法测定;有效磷含量采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用乙酸氨浸提火焰光度法测定;pH采用pH酸度计电位法测定^[7]。

1.5 数据分析

采用Excel 2003和SPSS 13.0进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式下的土壤理化性质

由表1可知,不同的土地利用类型可导致不同的土壤容重差异,如研究区土壤容重在 $1.37 \sim 1.58 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。反映出受人为干扰因素影响较少的22年生小叶杨人工林地的土壤容重总体低于天然草地和农用坡耕地。不同的植被类型,由于其根系分布深度

以及密度等不同,导致土壤蒸发和植被蒸腾之间的差异,进而导致不同用地方式下土壤含水率不同,以林地居高,草地次之,农用坡耕地最小。土壤pH在 $8.21 \sim 8.69$,表现出农用坡耕地>天然草地>22年生小叶杨人工林。养分含量总体呈现出林地高于草地和农地。

2.2 不同土地利用方式对土壤微生物生物量碳含量的影响

从表2可以看出,用地方式的不同导致土壤微生物生物量碳的含量的差异明显。 $0 \sim 100 \text{ cm}$ 土层含量均值表现为22年生小叶杨人工林>天然草地>农用坡耕地。其中农用坡耕地的土壤微生物生物量碳含量分别比22年生小叶杨人工林和天然草地低52.91%和34.45%。天然草地的土壤微生物生物量碳含量比22年生小叶杨人工林低28.16%。

表1 不同土地利用类型土壤理化性质

Table 1 Soil physicochemical properties in different land use types

样品编号 Site symbol	土壤深度 Soil depth/cm	容重 Bulk density/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	含水率 Moisture/%	pH	全氮 TN/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效磷 AP/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾 AK/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
天然草地 Natural grassland	0~10	1.40 ± 0.06	31.77 ± 2.06	8.55 ± 0.08	0.66 ± 0.03	0.90 ± 0.02	98.68 ± 8.45
	10~20	1.38 ± 0.07	20.44 ± 3.03	8.58 ± 0.12	0.43 ± 0.05	0.87 ± 0.04	85.42 ± 7.03
	20~40	1.43 ± 0.16	22.38 ± 1.07	8.61 ± 0.04	0.38 ± 0.16	0.56 ± 0.13	81.24 ± 9.26
	40~60	1.52 ± 0.08	10.85 ± 0.18	8.62 ± 0.03	0.33 ± 0.17	0.41 ± 0.11	80.61 ± 6.07
	60~100	1.54 ± 0.12	10.11 ± 0.36	8.61 ± 0.07	0.17 ± 0.28	0.33 ± 0.04	80.14 ± 4.92
22年生小叶杨人工林 22-year-old <i>P. simonii</i> forest	0~10	1.37 ± 0.18	35.15 ± 2.76	8.21 ± 1.01	0.76 ± 0.34	3.35 ± 0.47	91.65 ± 9.78
	10~20	1.40 ± 0.13	24.64 ± 1.30	8.57 ± 0.07	0.67 ± 0.15	3.41 ± 0.42	84.37 ± 6.91
	20~40	1.41 ± 0.07	19.42 ± 3.01	8.59 ± 0.18	0.51 ± 0.07	2.92 ± 0.37	80.19 ± 7.33
	40~60	1.46 ± 0.02	13.18 ± 3.11	8.61 ± 0.11	0.42 ± 0.14	2.42 ± 0.17	79.76 ± 8.98
	60~100	1.51 ± 0.02	12.57 ± 1.49	8.64 ± 0.05	0.23 ± 0.26	0.87 ± 0.25	77.43 ± 7.69
农用坡耕地 Agricultural land	0~10	1.39 ± 0.16	24.50 ± 3.64	8.50 ± 0.25	0.63 ± 0.98	1.72 ± 0.03	85.32 ± 5.04
	10~20	1.41 ± 0.09	23.78 ± 3.01	8.55 ± 0.43	0.44 ± 0.04	1.21 ± 0.05	84.01 ± 3.09
	20~40	1.38 ± 0.04	20.15 ± 2.08	8.57 ± 0.07	0.32 ± 0.16	0.67 ± 0.07	80.18 ± 8.85
	40~60	1.42 ± 0.07	18.64 ± 2.15	8.60 ± 0.16	0.24 ± 0.32	0.32 ± 0.04	80.13 ± 4.35
	60~100	1.58 ± 0.08	12.51 ± 1.13	8.69 ± 0.37	0.21 ± 0.81	0.21 ± 0.02	78.64 ± 8.07

注:数据为平均值数值±标准误,下同。

Note: Data are expressed as mean±standard error, the same below.

表2 不同土地利用类型土壤微生物生物量碳含量

Table 2 Soil microbial biomass carbon in different land use types

样品编号 Site symbol	土壤深度 Soil depth/cm	土壤微生物生物量碳 microbial organic carbon/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
天然草地 Natural grassland	0~10	524.36 ± 14.35
	10~20	321.84 ± 22.05
	20~40	306.31 ± 32.88
	40~60	215.06 ± 9.09
	60~100	91.22 ± 10.17
均值 The mean		291.76a
22年生小叶杨人工林 22-year-old <i>P. simonii</i> forest	0~10	642.20 ± 22.01
	10~20	423.81 ± 10.11
	20~40	298.54 ± 14.81
	40~60	206.63 ± 12.69
	60~100	127.86 ± 22.08
均值 The mean		406.12b
农用坡耕地 Agricultural land	0~10	307.39 ± 18.75
	10~20	286.58 ± 7.64
	20~40	185.46 ± 8.59
	40~60	94.33 ± 11.27
	60~100	82.45 ± 9.73
均值 The mean		191.24c

土壤微生物生物量碳含量因土地利用方式的不同导致其含量在土壤垂直剖面上的分布差异,并表现出一定的规律性(表2)。不同用地方式下的土壤微生物生物量碳的含量均随土层加深而减少,表现出一定的表聚性。例如,22年生小叶杨人工林、天然草地和农用坡耕地的 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层土壤微生物生物量碳含量分别占62.74%、58.01%和62.12%。

2.3 土壤微生物生物量碳与土壤养分的相关分析

由表3可知,土壤微生物生物量碳与速效钾、全氮呈显著或极显著正相关,与容重和pH呈显著或极显著负相关,与含水率呈弱相关性。

3 讨论与结论

土地利用方式的改变与土壤碳库的变化关系密切。土地利用方式的不同,导致进入土壤外源物质的不同,而且不同用地方式引起土壤管理措施的不同,进而可以影响和改变土壤微生物生物量碳的含量^[8]。天然植被

表 3

土壤微生物生物量碳与土壤养分的相关系数

Table 3

Correlation coefficients among soil microbial organic carbon and nutrients

	全氮 TN	有效磷 AP	速效钾 AK	pH	容重 Bulk density	含水率 Moisture
土壤微生物生物量碳 Soil microbial organic carbon	0.752**	-0.392	0.530*	-0.640**	-0.484*	0.352

注:*表示在0.05水平上差异显著,**表示在0.01水平上差异显著。

Note: Sample size n=300, (*) P<0.050, (**) P<0.01.

改变土地利用方式后土壤微生物生物量碳含量发生改变,草地变成人工林后土壤微生物生物量碳含量升高明显,天然草地进行耕作后土壤微生物生物量碳含量下降明显。这主要是由于天然草地变为人工林后,林木凋落物、根系脱落物和根系分泌物对土壤碳库的不断补充,因而导致有机碳含量高。天然草地变为农用坡耕地后,土壤受人为干扰的影响最大,作物产生的有机物质大部分被移走,在多年没有施入外肥的情况下,有机质输入减少导致有机碳得不到补充^[9],土壤温度高等物理条件的改变加速了有机碳的分解。天然草地受人为扰动较轻,养分流失相对农用坡耕地要小,该研究结果与已有的研究结果基本一致^[10]。

该研究结果显示,尽管土地利用变化明显的影响了土壤微生物生物量碳的含量,但是并没有影响其垂直分布变化趋势,3种土地利用类型的土壤微生物生物量碳均随着土壤深度的增加而降低。这可能主要与植物根系分布、产生凋落物数量和质量及其与土壤有机碳的相关程度有关。对于一定深度的土层而言,土壤微生物生物量碳总体表现出22年生小叶杨人工林>天然草地>农用坡耕地。这可能因为乔木树种小叶杨扎根相对较深,受土壤表层形成的残体或根系分泌物多等的影响,所以同层土壤的土壤微生物生物量碳形成量就比农田和草地多。此外,土壤微生物生物量碳在垂直剖面方向上呈现出相同的规律,因为土壤中大多数微生物属于有机营养性,这导致土壤微生物生物量碳的降低。

该研究结果表明,土壤微生物生物量碳与全氮呈极显著正相关,与已有研究结果相一致。土壤磷增多能够促进植物根系生长,但是有效磷浓度增加土壤微生物生物量碳含量反而减少,过量的有效磷是否会限制微生物活动,具体原因有待于进一步分析。土壤pH通常被认为是调节土壤微生物群体结构和活性的主要因子。有研究表明^[10]在一定范围内,土壤微生物量与pH呈显著正相关关系,而该研究结果则呈极显著的负相关关系,这可能与他人研究的土壤样品pH多在4.5~5.4之间呈酸性有关,而该研究土壤pH均在8.2以上。虽然可能因供试土壤样品pH背景值不同而导致结果稍有差

别,但均说明了pH与土壤微生物生物量碳之间相关显著,说明酸碱程度可能是限制微生物活动的决定性因子。

该试验研究比较了北方农牧交错带典型流域3种土地利用类型对土壤微生物生物量碳和土壤养分的影响。结果表明,土地利用变化显著地影响土壤微生物生物量碳含量,表现为22年生小叶杨人工林>天然草地>农用坡耕地,且差异显著(P<0.05)。不同用地方式下的土壤微生物生物量碳含量均随土层的加深而下降。土壤微生物生物量碳与全氮、速效钾呈极显著或显著正相关;与容重和pH呈显著或极显著负相关。研究结果表明土壤微生物生物量碳可作为衡量土壤有机碳变化的敏感指标。

参考文献

- [1] WATSON R T, NOBLE I R, BOLIN B, et al. Land use, land use change, and forestry: A special report of the IPCC[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 189-217.
- [2] HOUGHTON J T, DING Y, GRIGGS D J, et al. Climate change 2001: The scientific basis: Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 185-237.
- [3] 王艳芬, 陈佐忠, LARRY T, 等. 人类活动对锡林郭勒地区主要草原土壤有机碳分布的影响[J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 545-551.
- [4] 郭月峰, 姚云峰, 秦富仓, 等. 不同植被下土壤养分与有机质灰色关联分析[J]. 农机化研究, 2014, 36(2): 36-30.
- [5] 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.
- [6] KUSHWAHA C P, TRIPATHI S K, SINGH K P. Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem[J]. Soil and Tillage Research, 2000, 56: 153-166.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] SHARMMA P, RAI S C, SHARMA R, et al. Effect of land use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan Watershed[J]. Pedobiologia, 2004, 48: 83-92.
- [9] 王莹, 阮宏华, 黄亮亮, 等. 围湖造田不同土地利用方式土壤水溶性有机碳的变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(5): 109-114.
- [10] BLAIR G J, CROCKR G J. Crop rotation effects on soil carbon and physical fertility of two Australian soil[J]. Australian Journal of Soil Research, 2000, 38: 71-84.

Effect of Land Use Changes on Soil Microbial Biomass Carbon and Soil Nutrients

GUO Yuefeng¹, QI Wei^{1,2}, YAO Yunfeng¹, GAO Yuhua¹, ZHANG Meili¹

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010011; 2. Design Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power in Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010020)

绿肥间作模式对苹果园土壤养分含量的影响

秦景逸¹, 张云¹, 王秀梅¹, 隋伟策¹, 陆彪²

(1. 新疆农业大学, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 特克斯县林业局, 新疆 伊犁 835500)

摘 要:以伊犁地区特克斯县苹果园间作的 4 种绿肥红豆草、紫花苜蓿、黄豆和小麦为研究对象,以清耕园为对照,通过对土壤中有机质、速效氮、速效磷和速效钾含量的测定,比较分析了果园间作不同绿肥对土壤矿质营养垂直分布的影响,并对 4 种绿肥的培肥效果进行了比较。结果表明:苹果园间作不同绿肥后土壤中有机质、速效氮、速效磷和速效钾的含量均高于清耕园,土壤养分垂直梯度(0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm)变化研究发现,随着土层深度的增加土壤养分含量呈下降趋势,通过进一步土壤养分综合评价,认为该地苹果园最适宜的间作物为紫花苜蓿;4 种间作绿肥的培肥效果依次是紫花苜蓿>红豆草>黄豆>小麦>清耕。

关键词:绿肥;间作;土壤肥力;矿质营养

中图分类号:S 661.106⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0169-04

目前伊犁地区绝大部分果园缺肥现象严重,树势弱,优质果品率低,市场竞争力弱。有些果园常年依赖化肥,导致土壤肥力下降,硬化板结,有机肥严重不足从而引发一系列问题。绿肥种植具有提供养分、培肥地力、改善土壤结构、提供饲草等作用,在我国传统农业中具有重要的发展意义^[1]。通过在果园间作绿肥可以显著提高土壤有机质、矿质营养含量进而增强树势,提高果实品质。近几年,间作绿肥取得了许多有价值

的研究成果,很多研究者从绿肥种类选择^[2]、应用栽培模式^[3]、绿肥间作效益^[4]等方面进行了大量的研究工作。吴湘琳等^[5]分析了南疆枣麦间作模式下的土壤养分垂直分布规律,结果表明枣麦间作模式对近枣树带区(50~100 cm)和小麦作物区(100~200 cm)土壤养分的影响较大。李银平等^[6]通过 3 种不同绿肥在连作棉田上的压青试验,发现沙打旺的培肥效果最好,可作为与棉花间作或轮作倒茬的最佳绿肥。刘国顺等^[7]、姜培坤等^[8]研究表明,种植绿肥可显著提高土壤有机质、速效氮含量。伊犁地区大力发展特色林果业,但果园立地条件差,然而传统的苹果园管理模式存在诸多弊端,如何在现有耕地的基础上合理培肥土壤,已迫在眉睫。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于伊犁地区特克斯县境内,地处天山北麓西

第一作者简介:秦景逸(1993-),女,硕士研究生,现主要从事植物栽培及土壤营养含量等研究工作。E-mail:1053415763@qq.com.

责任作者:张云(1965-),女,硕士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物繁殖生物学及种质资源应用等研究工作。E-mail:1053415763@qq.com.

基金项目:国家林业公益性行业科研专项资助项目(201304714)。

收稿日期:2016-02-15

Abstract: The objectives are to understand the laws how soil microbial biomass carbon and soil nutrients respond to different land use patterns, and thus to provide a basis for eco-construction in the agro-pasture zigzag zone in Inner Mongolia. Three land use patterns were studied, including natural grassland, sloping cropland converted from natural grassland, and 22-year-old *Populus simonii* man-made forest. The changing laws of both soil microbial biomass carbon and soil nutrients were studied. The results showed that land use patterns significantly affected the soil microbial biomass carbon contents and the effects were significantly different among land use patterns, 22-year-old *P. simonii* forest > natural grassland > sloping cropland. As for the vertical distribution, soil microbial biomass carbon contents declined with the increase of soil depth for each land use pattern. Soil microbial biomass carbon content was significantly correlated with available K(AK) content, total N(TN) content, pH and bulk density, indicating soil microbial biomass carbon could be used as a sensitive indicator to measure the changes of soil quality.

Keywords: soil microbial biomass carbon; soil nutrients; land use changes