

植物群落生物量和有机碳对高寒草甸土地利用变化的响应

李月梅^{1,2}, 曹广民¹, 徐仁海²

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 青海省农林科学院, 青海 西宁 810016)

摘要: 在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区, 选择高寒矮嵩草草甸及其开垦后形成的农田和一年生人工草地作为研究对象, 研究了高寒草甸不同土地利用方式下生物量和植物-土壤系统固定的有机碳量的变化。结果表明: 3种土地利用方式相比较, 地上生物量由高到低依次为人工草地 > 农田 > 高寒草甸 ($P < 0.01$), 分别为 11.83、9.78 和 4.36 t/hm²; 3种土地利用方式下地下生物量剖面分布均呈倒金字塔形, 0~40 cm 地下生物量为高寒草甸 > 人工草地 > 农田 ($P < 0.01$), 分别为 15.74、5.61 和 1.24 t/hm²。随着高寒草甸土地利用方式改变, 植物群落碳素固定量也随之减小, 其序列由高到低依次为: 高寒草甸 > 人工草地 > 农田 ($P < 0.05$), 其值分别为 7.63、6.81 和 4.51 t/hm²。

关键词: 高寒草甸; 土地利用; 生物量; 碳素固定量

中图分类号: Q918.12

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2007)06-0004-05

* 青藏高原是地球陆地生态系统的重要组成部分, 作为欧亚大陆最高最大的地貌单元, 对全球气候变化和人类活动十分敏感, 具有独特的研究价值。青藏高原广泛分布着高寒草甸、高寒草原与高寒沼泽草甸草地等天然植被类型, 并占据着青藏高原的绝大部分面积^[1]。其中高寒矮嵩草草甸广布于青藏高原东部, 约占青藏高原面积的 33%, 是高原地带性与山地垂直地带性的主要植被类型, 也是青藏高原主要的放牧草场^[2], 作为高寒草甸生态系统初级生产者的主要组成成分^[3], 其生态系统结构简单、功能脆弱^[4]。随着人口的不断增加, 草地的压力越来越大, 天然草地被逐渐开垦为人工草地、农田, 原生植被景观破碎化, 人工草地、农田镶嵌分布于其中。不合理的土地利用破坏了植被环境之间脆弱的动态平衡, 使原有植被受到了严重干扰。

有关矮嵩草草甸初级生产力季节动态及影响因素的研究已开展了许多, 且有不少报道^[3,5-7], 但对于高寒草甸土地利用变化后各土地利用方式间生产力和土壤有机碳的研究报道的不多。因此, 拟从高寒草甸及其开垦后形成的人工草地和农田的地上、地下生物量和土壤

有机碳的变化进行研究, 以揭示其对高寒草甸土地利用变化的响应程度, 为进一步对高寒矮嵩草草甸土地利用变化后的源汇效应评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况 试验样地设置在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区 (37°29' ~ 37°45' N, 101°12' ~ 101°23' E, 海拔 3 280 m), 地处祁连山北支冷龙岭东段南麓的大通河河谷。海拔 3 200 ~ 3 600 m, 属典型的高原大陆性气候。年均温 - 1.7℃, 年均降水量 618 mm, 降水主要集中于暖季的 5 - 9 月, 植物生长季雨热同季。高寒矮嵩草草甸是青藏高原分布较广的植被类型之一, 属长期适应于高寒生态环境下形成的寒冷中生植物, 主要分布于山间滩地和偏阳坡, 以矮嵩草 *Kobresia humilis*、蔗草 *Scirpus*

* 收稿日期: 2006-05-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40471133); 中国科学院知识创新工程重大项目——中国陆地和近海生态系统碳收支研究 (KZCX1-SW-01); 中国科学院资源环境领域野外台站研究基金的支持

作者简介: 李月梅 (1974-), 女, 青海乐都人, 助理研究员, 硕士。E-mail: ymli@ppi.caas.ac.cn

通讯作者: 曹广民 E-mail: Caogm@mail.nwipb.ac.cn

dustigmaticus、小嵩草 *K. pygmaea*、羊茅 *Festuca straminea*、垂穗披碱草 *Elymus nutans*、早熟禾 *Poa sp.*、麻花苳 *Gentiana straminea*、美丽风毛菊 *Saussurea superba*、高山唐松草 *Thalictrum alpinum*、苔草 *Carex sp.* 等为建群种和优势种,植株低矮、密集、覆盖度大,初级生产力低。土壤为草毡寒冻锥形土,土层浅薄,有机质含量丰富。该地区的高寒矮嵩草草甸及其开垦后形成的人工草地和农田为研究对象。其中植物群落研究中选择的高寒草甸为冬春季草场,每年9月10日牧群迁入,次年6月10日迁出;人工草地以种植一年生牧草(燕麦 *Avena abietetom*)为主,每年5月播种,当年9月下旬收割;农田主要种植春油菜 *Brassica campestris*,每年5月上旬播种,9月中旬收获。

1.2 研究方法 2004年9月,在高寒草甸、人工草地和农田中各选择能代表该类型的样地,各样地中随机设置0.25 m × 0.25 m的样方,重复5次,用剪刀将样方内所有植株齐地面剪下,将植物样品在60℃下烘干48 h后,称量记录,计算出地上生物量。用土柱法测定0~40 cm地下生产量,土柱面积25 cm × 25 cm,每10 cm为1层分层测定,重复3~5次。将清洗后的根系在60℃下烘干48 h后,称量记录,计算出地下生物量。采用100 cm³环刀以土壤剖面方式按0~10、10~20、20~30和30~40 cm分层测定土壤容重,同时按层采取土壤样品,风干备用。

1.3 分析方法 碳素测定用日本岛津公司生产的TOC-5000A有机碳分析仪进行测定,有机碳通过测定总碳(TC)减去无机碳(IC)而获得,TC、IC燃烧温度分别为900和250℃。

植物地上部分和根系称取0.01~0.02 g过0.25 mm筛的样品,直接上机测定。植物体中没有IC,其有机碳由TC直接得出。植物有机碳由植物地上部分有机碳与根系有机碳相加得出,与容重和采样深度结合计算有机碳含量。

1.4 数据分析 图中数据采用SPSS11.5软件进行数据整理和统计分析,文中数据均为平均值。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式下植物地上生物量的变化 土地利用方式变化后,由于地表生长的主要植物群落改变,导致地上生物量产生差异(图1)。3种土地利用方式比较,地上生物量表现为人工草地 > 农田 > 高寒草甸 ($P < 0.01$),分别为11.8、9.78和4.36 t/hm²;与高寒草甸相比,人工草地和农田的地上生物量分别高出171.33%和124.31%。3种土地利用方式下的地上生物量间具有明显差异,这是由于高寒草甸原生植被主要是以寒冷中生、湿中生和旱中生多年生密丛短根茎地下嵩草属植物为建群种,植株低矮、密集,所以决定了其初级生产力较低;人工草地主要以种植一年生牧草燕麦为主,植株生长势较好,株高均在1 m以上;而农田中种植的春油菜,以获取高产为目的,植株长势旺盛,因而具有较高的地上生物量。

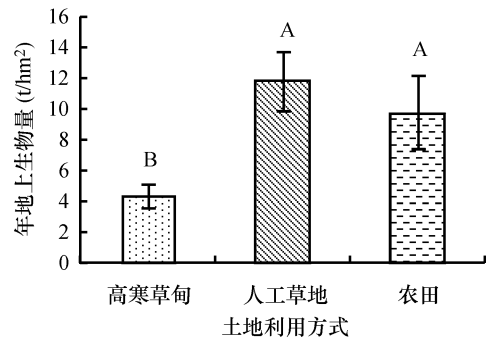


图1 不同土地利用方式的地上生物量变化

注:图柱上方大写字母表示差异显著性,相同字母间差异不显著,不同字母间差异极显著($P < 0.01$)。

2.2 不同土地利用方式下植物地下生物量剖面分布 在不同土地利用方式下,地表植被类型的变化同样也会影响地下根系的分布(图2)。3种土地利用方式相比,0~40 cm土体内,植物地下生物量由高到低依次为高寒草甸 > 人工草地 > 农田 ($P < 0.01$),其值分别为15.74、5.61和1.24 t/hm²。高寒草甸、人工草地和农田地下生物量的剖面分布规律相同,均随土层增加而逐渐减少,即(0~10) > (10~20) > (20~30) > (30~40) cm;王长庭等^[3]、王启基等^[2]对高寒矮嵩草草甸的研究表明,地下生物量剖面分布呈倒

金字塔形,本文研究结果与此一致。高寒草甸、人工草地和农田的植物根系均主要分布在0~10 cm土层,该土层深度内根系生物量分别占总土层(0~40 cm)的76.19%、58.81%和59.91%,0~10 cm土层中的生物量约占地下总生物量的80.42%,本研究结果与其接近。从0~10 cm到10~20 cm,高寒草甸减小最快,地下生物量由76.19 t/hm²骤降至12.69 t/hm²,下降了83.33%;人工草地和农田相对变化较小,且变化幅度较为相似,分别为59.00%和64.03%。

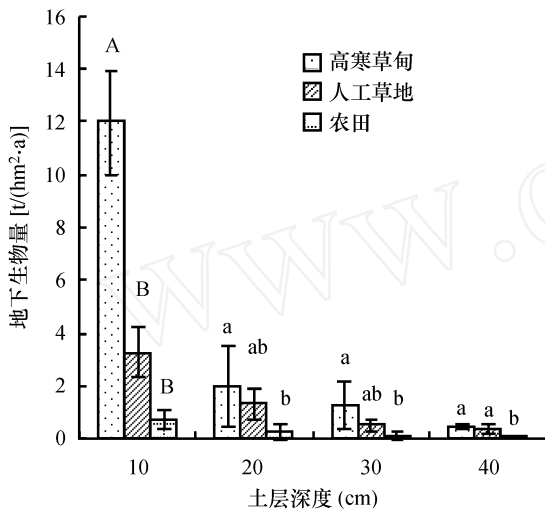


图2 不同土地利用方式的地下生物量剖面分布

注:图柱上方字母表示差异显著性,同一土层相同字母表示差异不显著,不同字母则表示差异显著;小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$),大写字母表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。图3同。

2.3 不同土地利用方式下土壤容重剖面分布 土壤质地相似的情况下,容重大小可反映土壤的松紧程度^[9],一般在1.14~1.26 g/cm³较为合适。

随着土地利用方式的变化土壤容重的剖面分布也会随之变化(表1)。在0~40 cm,除农田外,高寒草甸和人工草地土壤容重均随着土层深度的增加而增大。高寒草甸容重在0.914~1.089 g/cm³变化,平均变异系数为8.39%;人工草地在0.893~1.118 g/cm³,平均变异系数最低,仅为7.36%;农田则在1.155~1.196 g/cm³,平均变异系数最高,为12.24%。比较不同土层3种土地利用方式的土壤容重,农田均为最高值,高寒草

甸和人工草地相对较低。说明农田较高寒草甸和人工草地土壤紧实板硬,土壤结构性差。农田是受人类活动影响最为强烈的土地利用方式之一,由于长期耕作的影响,农田的土壤容重明显高于同一土层的高寒草甸和人工草地,长期、持续性的耕作破坏了高寒草甸原有的土壤结构,扰乱了土壤的层次分布,最终导致土壤通透性和结构性的下降,而人工建植形成的草地部分保留了草甸的土壤特征,它和高寒草甸的土壤容重均表现为随着土层的加深而增大。马琦等^[9]对几种草被植物的水土保持效应进行研究后认为,草被植物可以减小土壤容重,增加土壤空隙率,这与本研究结果也相一致。

表1 不同土地利用方式对土壤容重的影响

土层深度 (cm)	土地利用方式	样本数 (个)	平均值 (g/cm ³)	标准偏差	变异系数 (%)
0~10	高寒草甸	15	0.914	0.137	14.98
	人工草地	12	0.893	0.068	7.62
	农田	12	1.155	0.162	14.01
10~20	高寒草甸	15	1.087	0.090	8.23
	人工草地	12	1.032	0.106	10.24
	农田	12	1.196	0.128	10.72
20~30	高寒草甸	15	1.079	0.054	5.02
	人工草地	12	1.088	0.073	6.68
	农田	12	1.195	0.122	10.23
30~40	高寒草甸	15	1.089	0.058	5.33
	人工草地	12	1.118	0.055	4.90
	农田	12	1.184	0.166	13.99

2.4 不同土地利用方式下植物群落碳素固定量变化 不同的土地利用方式下,植被类型和地上、地下生物量比例的变化也影响着植物群落碳素固定量(图3)。植物群落碳素固定量由高到低依次为:高寒草甸>人工草地>农田,其值分别为7.63、6.81和4.51 t/hm²。与高寒草甸相比,人工草地和农田的植物体有机碳总量分别降低了10.75%和40.89%,农田与高寒草甸、人工草地间差异显著($P < 0.05$)。说明不同土地利用方式下植被类型的变化直接影响了植物所固定碳量的大小,强烈人类活动干扰的土地利用方式下(人工草地和农田)植物群落碳素固定量较高寒草甸明显减小,相应地造成这2种土地利用方式下整个生态系统的固碳能力下降。

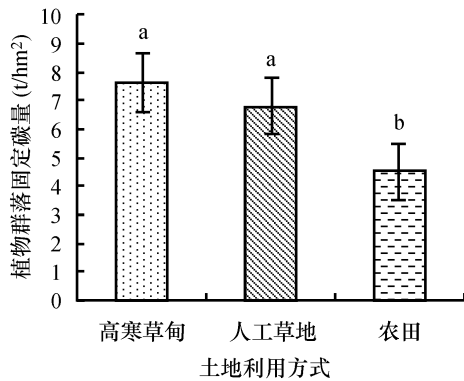


图3 不同土地利用方式下植物群落碳素固定量变化

3 讨论

天然草地对大气温室气体具有固定作用^[11-16],位于青藏高原的天然高寒草甸生态系统是大气温室气体的汇^[17-21]。然而随着人类活动的增加和强度的加大,高寒草甸的土地利用方式发生了改变(转化为农田、一年生人工草地等),对不同土地利用方式下的植物-土壤系统固定的有机碳总量和源汇效应产生了影响。

在不同的土地利用方式下,其生态系统中的有机碳含量受诸多因素的影响,如气候、植被、人类活动等,而植被类型是影响输入土壤的植物残体数量、质量的关键因素之一。研究表明,高寒草甸的地上生物量明显低于人工草地和农田,而其地下生物量则明显高于人工草地和农田,这主要是由于植被类型的变化影响了地上和地下生物量的分配。在农业生产中,出于增加植物地上部分产量的目的,人工草地和农田的地上生物量均较高寒草甸有明显提高,相应植物根系所占比例逐步减小,由此造成了高寒草甸不同的土地利用方式下地上、地下生物量分配格局的明显逆转。

高寒草甸、人工草地和农田是高寒草甸分布区较为典型的3种土地利用方式,其中以高寒草甸为主体,人工草地和农田镶嵌分布于其中。高寒草甸与其开垦后形成的人工草地相比,碳汇效应明显降低^[22],而农田较之高寒草甸,土壤有机碳明显下降,使其逆转为碳源^[23],究其原因主要在于植物-土壤系统固定的有机碳总量下降,而

系统中的植物地上部分收获后被携出此系统,减少了有机碳的输入量,影响了系统内部碳素的良性循环。

参考文献

- [1] 王根绪,程国栋,沈永平. 青藏高原草地土壤有机碳库及其全球意义[J]. 冰川冻土, 2002, 24(6): 693-699.
- [2] 张金霞,曹广民,周党卫,等. 高寒矮嵩草草甸大气-土壤-植被-动物系统碳素储量及碳素循环[J]. 生态学报, 2003, 23(4): 627-633.
- [3] 王启基,王文颖,邓自发. 青海海北地区高山嵩草草甸植物群落生物量动态及能量分配[J]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 222-230.
- [4] 周兴民,赵新全,曹广民,等. 中国嵩草草甸[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [5] 蒲继延,李英年,赵亮,等. 矮嵩草草甸生物量季节动态及其与气候因子的关系[J]. 草地学报, 2005, 13(3): 68-71.
- [6] 王长庭,王启基,龙瑞军,等. 高寒草甸群落植物多样性和初级生产力[J]. 植物生态学报, 2004, 28(2): 240-244.
- [7] 李英年,王启基,周兴民. 矮嵩草草甸年净生产量对气候条件响应的判别分析[J]. 草地学报, 1996, 4(2): 155-161.
- [8] 王长庭,龙瑞军,丁路明. 青藏高原高寒嵩草草甸基本特征的研究[J]. 草业科学, 2004, 21(8): 16-19.
- [9] 马琦,王琦. 几种草被植物的水土保持效应研究[J]. 草业科学, 2005, 22(10): 72-74.
- [10] 胡定宇. 土壤学[M]. 杨陵:天则出版社, 1992.
- [11] Batjes N H. Mitigation of atmospheric CO₂ concentrations by increased carbon sequestration in the soil[J]. Biological Fertilization and Soils, 1998, 27: 230-235.
- [12] Janzen H H, Campbell C A, Izaurralde R C, et al. Management effects on soil C storage on the Canadian prairies[J]. Soil and Tillage Research, 1998, 47: 181-195.
- [13] Sims P L, Bradford J A. Carbon dioxide fluxes in a southern plains prairie[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 109: 117-134.

- [14] Frank A B, Dugas W A. Carbon dioxide fluxes over a northern, semiarid, mixed-grass prairie[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2001, 108:317-326.
- [15] Frank A B. Carbon dioxide fluxes over a grazed prairie and seeded pasture in the Northern Great Plains[J]. *Environmental Pollution*, 2002, 116:397-403.
- [16] Frank A B, Liebig M A, Hanson J D. Soil carbon dioxide fluxes in northern semiarid grasslands[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34(9):1235-1241.
- [17] 曹广民, 李英年, 张金霞, 等. 高寒草甸不同土地利用格局土壤 CO₂ 的释放量[J]. *环境科学*, 2001, 22(6):14-19.
- [18] 曹广民, 李英年, 张金霞, 等. 环境因子对暗沃寒冻锥形土土壤 CO₂ 释放速率的影响[J]. *草地学报*, 2001, 9(4):307-312.
- [19] 张金霞, 曹广民, 周党卫, 等. 草毡寒冻锥形土 CO₂ 释放特征[J]. *生态学报*, 2001, 21(4):544-549.
- [20] 张金霞, 曹广民, 周党卫, 等. 退化草地暗沃寒冻锥形土 CO₂ 释放的日变化和季节动态[J]. *土壤学报*, 2001, 38(1):32-39.
- [21] 周党卫, 曹广民, 张金霞, 等. 植物生长季退化草毡寒冻锥形土 CO₂ 释放特征[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(3):367-371.
- [22] 李月梅, 王跃思, 曹广民, 等. 开垦对高寒草甸土壤有机碳影响的初步研究[J]. *地理科学进展*, 2005, 24(6):59-65.
- [23] 李月梅, 曹广民, 王跃思. 开垦对海北高寒草甸土壤有机碳的影响[J]. *生态学杂志*, 2006, 25(8):911-915.

Effect of different land use on the biomass and organic carbon of plant communities in alpine meadow

LI Yue-mei^{1,2}, CAO Guang-ming¹, XU Ren-hai²

- (1. Northwest plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;
2. Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Science, Xining 810016, China)

Abstract: As one of the major ecosystems in the Tibetan Plateau, alpine meadow has been playing an important role in ecological equilibrium. With the population growth, alpine meadow has been cultivated to meet the demands for foods and benefits. In order to study the effect of land use change on the biomass and amounts of fixed-carbon of vegetation, alpine meadow (*Kobresia humilis*), the croplands and artificial grasslands formed by cultivating alpine meadow were selected in the Haibei research station, Chinese Academy of Science. The results indicated that the aboveground biomass rates varied among alpine meadow, croplands and artificial grasslands with an order of artificial grassland > croplands > alpine meadow ($P < 0.01$), respectively, the rate was 11.83, 9.78, 4.36 t/hm². The vertical distribution of belowground biomass displayed reverse pyramidal models in alpine meadow, croplands and artificial grasslands respectively. In 0~40 cm soil depth, the belowground biomass ranged with an order alpine meadow > artificial grassland > croplands ($P < 0.01$), the rate was 15.74, 5.61, 1.24 t/hm². With the change of alpine meadow land use, the amounts of fixed-carbon of vegetation varied with the rank of alpine meadow > artificial grassland > croplands ($P < 0.05$), respectively, the rate was 7.63, 6.81, 4.51 t/hm².

Key words: alpine meadow; land use; biomass; amounts of fixed-carbon

本刊如有印装质量问题, 请将原杂志寄回编辑部, 由本部负责调换。