

模拟增温下青藏高原高寒草甸根系生物量数据集

徐满厚*, 温 静, 张世雄, 杨晓艳

太原师范学院地理科学学院, 晋中 030619

摘 要: 高海拔生态系统对气候变暖响应非常敏感、迅速。为了研究气候变暖背景下高寒草甸根系生物量的迁移变化规律, 在青藏高原多年冻土区 (34°49'34"N-34°49'37" N, 92°55'57"E-92°56'06" E, 平均海拔 4,630 m) 选择高寒草甸这一典型高原植被作为研究对象, 采用红外线辐射器 (150 W/m²) 作为增温装置, 布设模拟增温实验样地 (每个样地面积为 2 m × 2 m, 相邻样地间隔 4-5 m), 分别于 2012 年、2013 年植被生长季 (5-9 月) 用根钻钻取草甸植被根系生物量 (2012 年钻取了 5 个典型样地, 2013 年钻取了 3 个典型样地), 即每月月中旬用根钻法 (即用内径为 7 cm 的土钻分不同土层钻取根系样品, 土层分别为 0-10 cm、10-20 cm、20-30 cm、30-40 cm 和 40-50 cm) 获取根系样品, 待活根挑出后用 75 °C 高温烘干称重, 得到模拟增温下青藏高原高寒草甸根系生物量数据集。结果表明, 在增温处理下根系生物量略有增加, 且增幅趋向于土壤深层, 但在生长季不同月份增幅不同。该数据存储在.xls 文件, 数据量为 47.5 KB。该数据的分析结果发表在《生态学报》2016 年 36 卷 21 期。

关键词: 青藏高原; 高寒草甸; 根系生物量; 模拟增温

DOI: 10.3974/geodp.2017.04.16

1 前言

现今, 生态学家对陆地生态系统的地上部分已经进行了相当深入的研究, 而对于其地下部分依然了解甚少^[1-2]。根系作为植物体的重要组成部分, 其空间分布特征及与土壤环境间的复杂关系对植被地上部分的生长产生重要影响^[3]。根系生物量的地下分配格局在整个生态系统的维持和正常运转中起重要作用^[4], 尤其是提供给植物生长所需水分和养分的细根 (直径 ≤ 2 mm), 其空间结构不仅决定了根系对地下资源的利用效果及潜力, 同时还反映了土壤中水分和养分的分配格局, 并且会对土壤养分、水分梯度等特性做出响应^[5]。

全球变化最显著的特征是温度、降水等气候要素发生变化^[1]。作为全球变化的敏感区和生态脆弱带, 青藏高原被看作是研究陆地生态系统对全球变化响应机制的理想场所^[6-7]。从 1981-2010 年的气象数据来看, 青藏高原正经历着明显的温暖化过程^[8-9]。同时, 由于青藏高原广泛发育的多年冻土环境, 使得该地区高寒草地生态系统异常脆弱^[10]。高寒草甸是适应高原隆起与长期低温环境形成的特殊产物, 对气候变化和人类活动影响极为敏感, 一

收稿日期: 2017-12-24; 修订日期: 2017-12-15; 出版日期: 2017-12-25

基金项目: 国家自然科学基金 (41501219)

*通讯作者: 徐满厚 F-8170-2017, 太原师范学院地理科学学院, xumanhou@163.com

论文引用格式: 徐满厚, 温静, 张世雄等. 2017. 模拟增温下青藏高原高寒草甸根系生物量数据集[J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(4): 475-480. DOI: 10.3974/geodp.2017.04.16.

数据集引用格式: 徐满厚. 模拟增温的青藏高原高寒草甸根系生物量实验数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2017. DOI: 10.3974/geodb.2017.02.15.V1.

且遭受破坏很难在短期内得到恢复，进而导致草地退化和沙漠化发生^[11-12]。

青藏高原恶劣的气候条件，加之根系采样破坏性大和工作量大^[3]，阻碍了高寒草甸根系研究的深入开展。因此，本研究依托中国科学院冻土工程国家重点实验室青藏高原研究基地（34°49′34″N-34°49′37″N，92°55′57″E-92°56′06″E，平均海拔 4,630 m），以青藏高原高寒草甸为研究对象，从群落水平方面探讨在气候变暖背景下高寒草甸根系生物量在不同土壤深度的迁移变化，为高海拔地区植被的保护和合理利用，为防止草地退化和沙漠化发生提供理论参考和科学依据。

2 数据集元数据简介

模拟增温的青藏高原高寒草甸根系生物量实验数据集^[13]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 模拟增温的青藏高原高寒草甸根系生物量实验数据集元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	模拟增温的青藏高原高寒草甸根系生物量实验数据集
数据集短名	RootBiomassAlpineMeadow
作者信息	徐满厚 F-8170-2017, 太原师范学院, xumanhou@163.com
地理区域	中国科学院冻土工程国家重点实验室青藏高原研究基地（34°49′34″N-34°49′37″N，92°55′57″E-92°56′06″E，平均海拔 4,630 m）
数据年代	2012 年 5-9 月，2013 年 5-9 月
数据格式	.xls
数据量	47.5 KB
数据集组成	1 个文件，内容是 2012、2013 年 5-9 月对照、增温实验处理下 0-50 cm 的 5 个土层的根系生物量
基金项目	国家自然科学基金（41501219）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[14]

3 数据研发方法

3.1 样地设置

试验样地位于中国科学院北麓河试验站，采用随机区组设计，设置对照、增温（150 W/m²，使地面温度约增加 3 ℃）、刈割（留茬高度约 1 cm）及增温+刈割交互作用 4 种处

理^[15-22]。每种处理 5 个重复（即 5 个区组），共 20 个样地，每个样地面积 2 m×2 m，相邻样地间隔 4-5 m。本研究所用数据来自其中的对照和增温样地。对照样地设置：该样地内不进行增温、刈割处理，保持植被自然状态。增温样地设置：增温装置采用红外线辐射器，灯体为 165 cm 长、15 cm 宽的三棱形，灯管为 150 cm 长、8 mm 直径的圆柱体，将其架设在样地正上方距地面 1.5 m 高度处，于 2010 年 7 月开始全年不间断增温（图 1）。每一区组样地外围都用铁丝网围栏，以防破坏。

3.2 根系生物量测定

（0.28 mm 孔径）将根系与土壤分离。根系部分用自来水冲洗干净之后放置阴凉通风处进行风干，然后根据根的颜色、柔韧性和是否附着毛根辨别出活根，将活根放进 75 °C 的烘箱中烘干至恒重，称量得到根系生物量。

3.3 数据获取

以生长季不同月份为横坐标、不同土壤深度为纵坐标，绘制根系生物量的时空分布图，分析根系生物量在生长季不同月份、不同土壤深度的变化规律。根系取样土层和土壤深度的对应情况为：0-50 cm 土层对应 0 cm 深度，0-10 cm 土层对应 10 cm 深度，10-20 cm 土层对应 20 cm 深度，20-30 cm 土层对应 30 cm 深度，30-40 cm 土层对应 40 cm 深度，40-50 cm 土层对应 50 cm 深度。

取 5 个土层根系生物量的总和作为总根系生物量，绘制不同月份总根系生物量的柱状图，分析总根系生物量在生长季不同月份的变化规律。然后，取 5 个月份同一土层根系生物量的平均值，计算每一土层根系生物量占总根系生物量的百分比，绘制不同土层根系生物量百分比的柱状图，分析根系生物量的垂直分布规律。根系生物量在不同月份、深度、处理间的显著性检验由单因素和多因素方差分析得到。

分析过程中的二维图绘制由 Origin 8.1 软件完成，方差分析由 SPSS17.0 软件完成。

4 数据结果

2012 年和 2013 年分别获得 5-9 月生长季 5 个样本点从地表至 50 cm 深度的数据，表 2-表 6 是其 2012 年样本点 A 模拟实验实测数据。数据结果表明，根系生物量在生长季增温情况下发生明显变化。这种变化在不同月份显示不同的变化规律，在不同的土壤深度也显示出不同的变化规律（图 2）^[15]。

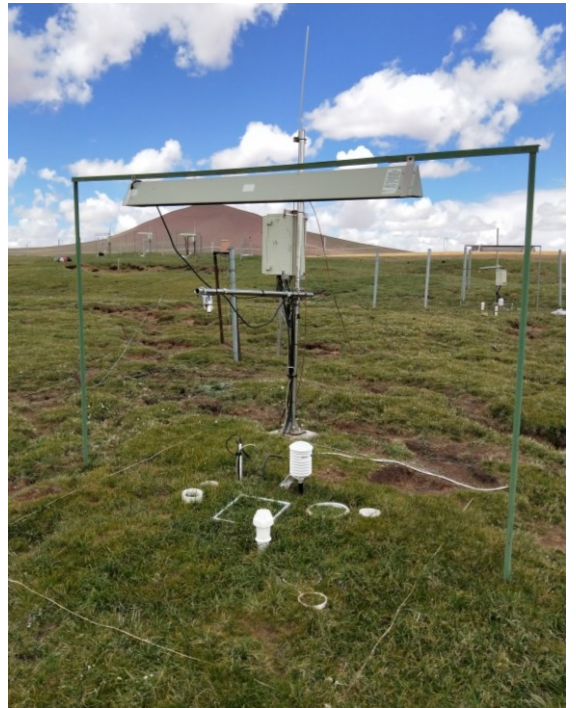


图 1 增温装置——红外线辐射器（北麓河试验站）

表 2 2012 年 5 月样本点 A 模拟实验实测数据统计表

月份	土壤深度 (cm)	根系生物量 (g/m ²)	
		对照	增温
5	0-10	1,003.769,661	981.411,672,9
5	10-20	340.829,325,4	483.036,526,7
5	20-30	308.072,273,5	410.243,078,1
5	30-40	101.910,828	173.664,370,2
5	40-50	53.815,156,64	48.095,671,39

表 3 2012 年 6 月样本点 A 模拟实验实测数据统计表

月份	土壤深度 (cm)	根系生物量 (g/m ²)	
		对照	增温
6	0-10	1,212.270,896	1,161.055,505
6	10-20	709.476,147,1	1,082.282,595
6	20-30	393.344,599	1,044.326,011
6	30-40	279.474,847,3	785.389,315
6	40-50	89.171,974,52	691.277,785

表 4 2012 年 7 月样本点 A 模拟实验实测数据统计表

月份	土壤深度 (cm)	根系生物量 (g/m ²)	
		对照	增温
7	0-10	1,662.030,417	1,634.732,874
7	10-20	1,122.578,968	1,256.466,918
7	20-30	643.442,090,2	1,155.076,043
7	30-40	631.743,143,1	1,053.425,192
7	40-50	429.221,370,1	618.744,313

表 5 2012 年 8 月样本点 A 模拟实验实测数据统计表

月份	土壤深度 (cm)	根系生物量 (g/m ²)	
		对照	增温
8	0-10	1,478.746,913	1,572.598,466
8	10-20	790.328,870,4	1,501.104,901
8	20-30	568.568,828,8	1,415.312,622
8	30-40	517.093,461,6	366.307,032,4
8	40-50	269.595,736,4	152.606,265,4

表 6 2012 年 9 月样本点 A 模拟实验实测数据统计表

月份	土壤深度 (cm)	根系生物量 (g/m ²)	
		对照	增温
9	0-10	1,492.265,696	2,038.736,514
9	10-20	1,013.908,748	1,778.499,935
9	20-30	979.071,883,5	1,489.925,907
9	30-40	752.892,239,7	1,032.887,04
9	40-50	298.453,139,2	437.020,668,1

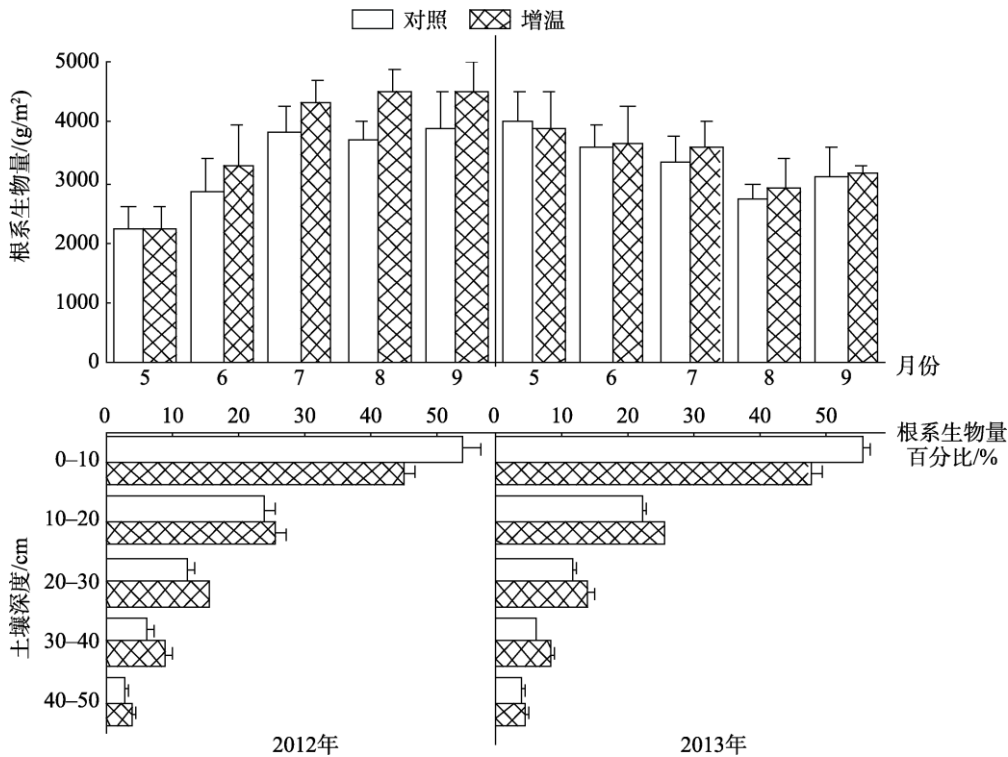


图 2 实验处理下根系生物量不同月份和不同土层的分布数据图^[21]

5 讨论

为获得当年生的根系生物量，本研究将采集回的根系进行了死根与活根的鉴别，挑选出活根进行生物量分析。但结果显示本研究的根系生物量大于 Yang 等^[23] 和王亮等^[24] 的研究，分析认为这可能与采样尺度、植被类型及环境因素有关。在王亮等^[24]的研究中，采样点位置和采样时间不完全一致，这会导致小环境产生影响；而本研究样地位于同一生境内，故可忽略小环境差异。

在 Yang 等^[23]的研究中，存在采样尺度、放牧干扰及植物物候的影响，故对生物量的估测具有不确定性；而本实验样地设在植被分布均匀的多年冻土区，并用铁丝网围栏以防放牧干扰，故消除了人为活动的影响。但结果显示 2012 年和 2013 年根系生物量均出现较大差值，说明在根系活性的鉴别过程中出现了人为误差。由于区分活根和死根难度大，工作量重，往往造成地下生物量被高估，所以今后需要探索出一种更准确、更便捷的方法对根系活性进行鉴定。

作者分工：徐满厚对数据集的开发做了总体设计；徐满厚采集和处理了生物量数据；温静、张世雄、杨晓艳撰写了数据论文。

参考文献

- [1] 贺金生, 王政权, 方精云. 全球变化下的地下生态学: 问题与展望[J]. 科学通报, 2004, 49(13): 1226-1233.
- [2] Copley, J. Ecology goes underground [J]. *Nature*, 2000, 406: 452-454.
- [3] 王长庭, 王启兰, 景增春等. 不同放牧梯度下高寒小嵩草草甸植被根系和土壤理化特征的变化[J]. 草业学报, 2008, 17(5): 9-15.
- [4] Peters, D. P. C. Plant species dominance at a grassland-shrubland ecotone: an individual-based gap dynamics model of herbaceous and woody species [J]. *Ecological Modelling*, 2002, 152(1): 5-32.
- [5] Schenk, H. J. Vertical vegetation structure below ground: scaling from root to globe [J]. *Progress in Botany*, 2005, 66: 341-373.
- [6] 尹华军, 赖挺, 程新颖等. 增温对川西亚高山针叶林内不同光环境下红桦和岷江冷杉幼苗生长和生理的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 1072-1083.
- [7] Qiu, J. The third pole [J]. *Nature*, 2008, 454(7203): 393-396.
- [8] 石福孙, 吴宁, 罗鹏. 川西北亚高山草甸植物群落结构及生物量对温度升高的响应[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5286-529.
- [9] 杨晓霞, 任飞, 周华坤等. 青藏高原高寒草甸植物群落生物量对氮、磷添加的响应[J]. 植物生态学报, 2014, 38(2): 159-166.
- [10] 金会军, 李述训, 王绍令等. 气候变化对中国多年冻土和寒区环境的影响[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 161-173.
- [11] 王建兵, 张德罡, 曹广民等. 青藏高原高寒草甸退化演替的分区特征[J]. 草业学报, 2013, 22(2): 1-10.
- [12] 刘艳书, 樊江文, 李愈哲等. 三江源地区不同剥蚀退化高寒草甸群落生物量与多样性特征[J]. 草业学报, 2014, 23(3): 1-7.
- [13] 徐满厚. 模拟增温的青藏高原高寒草甸根系生物量数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2017. DOI: 10.3974/geodb.2017.02.15.V1.
- [14] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017年更新).
- [15] 徐满厚, 刘敏, 薛娴等. 增温、刈割对高寒草甸地上植被生长的影响[J]. 生态环境学报, 2015, 24(2): 231-236.
- [16] Xu, M. H., Peng, F., You, Q. G., *et al.* Effects of warming and clipping on plant and soil properties of an alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau, China [J]. *Journal of Arid Land*, 2015, 7(2): 189-204.
- [17] Xu, M. H., Peng, F., You, Q. G., *et al.* Year-round warming and autumnal clipping lead to downward transport of root biomass, carbon and total nitrogen in soil of an alpine meadow [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2015, 109: 54-62.
- [18] Xu, M. H., Liu, M., Xue, X., *et al.* Warming effects on plant biomass allocation and correlations with the soil environment in an alpine meadow, China [J]. *Journal of Arid Land*, 2016, 8(5): 773-786.
- [19] 徐满厚, 刘敏, 薛娴等. 增温、刈割对高寒草甸植物物种多样性和地下生物量的影响[J]. 生态学杂志, 2015, 34(9): 2432-2439.
- [20] 徐满厚, 刘敏, 翟大彤等. 青藏高原高寒草甸生物量动态变化及与环境因子的关系——基于模拟增温实验[J]. 生态学报, 2016, 36(18): 5759-5767.
- [21] 徐满厚, 刘敏, 翟大彤等. 模拟增温对青藏高原高寒草甸根系生物量的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(21): 6812-6822.
- [22] 徐满厚, 薛娴. 青藏高原高寒草甸夏季植被特征及对模拟增温的短期响应[J]. 生态学报, 2013, 33(7): 2071-2083.
- [23] Yang, Y. H., Fang, J. Y., Ma, W. H., *et al.* Large-scale pattern of biomass partitioning across China's grasslands [J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, 19(2): 268-277.
- [24] 王亮, 牛克昌, 杨元合等. 中国草地生物量地上-地下分配格局: 基于个体水平的研究[J]. 中国科学: 生命科学, 2010, 40(7): 642-649.