

一种测定荒漠草原根系生物量的内生土芯法^①

王占义¹, 金 净¹, 王成杰^{1*}, 侯 佳², 徐文艺¹

(1 内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 呼和浩特 010018; 2 内蒙古农业大学职业技术学院, 内蒙古包头 014100)

摘要:介绍了一种测定荒漠草原植物根系生物量的装置与用法, 并将其在实际中加以应用。实践证明, 本方法可有效测定荒漠草原植物根系生物量及地下净初级生产力, 比较适用于植被覆盖度较低的荒漠草原地区。

关键词:根系生物量; 地下净生产力; 网袋法; 土壤

中图分类号: S154.4; Q948.1 **文献标识码:** A

测定植物地下净生产力和根系生物量的动态变化, 常用内生土芯法也称为生长袋法、网袋法, 即把装有无根土壤的网袋放入地面洞穴内, 间隔一段时间后再将网袋取出, 分离、挑选获得根系^[1]。该法由 Flower-Ellis 和 Persson^[2]首次提出, 之后在 Steingrobe 等^[3]研究了网袋内土壤因素变化对根系的影响后获得广泛使用。该法能够连续动态定点监测样地内植物群落地下生物量的变化, 具有成本较低、相对准确性、重复性较高、工作量较小的优点^[4-5], 在森林、草地和农田等生态系统研究中得到广泛应用^[6-10]。文献显示虽然各研究中该法应用的原理相同^[11], 但其具体使用方法则不尽相同。有些采用地面打孔, 填入装有无根系土壤的网袋; 有些则在地面打孔, 然后直接填充无根系土壤, 标记位置, 一定时间后继续在相同位置打孔取土; 尼龙网袋的直径也不同, 有 4 cm^[3,12]、5~5.2 cm^[13-15]、7 cm^[16]、8 cm^[17]、10 cm^[18-19]。如果从对样地的破坏性角度考虑, 打孔孔径越小、点数越少越好; 而从试验的重复性考虑, 则是打孔取样点越多, 孔径越大越好。此外, 不同的植被类型区, 物种不同, 植被盖度不同, 取样大小也应不同。

我国北方荒漠地区和荒漠草原地区, 气候干旱、植被覆盖度低, 在这些地区钻取直径细小的土芯, 可获得的根系数量较少, 迫使我们思考改进现有方法使其在植被覆盖度较低的地区更加适用。

1 装置的原理与制作

该法通过在植物根系周围放置网袋, 装入无根土

壤, 待一定时间植物根系穿过纱网进入土环内土壤后(图 1), 取出纱网和土壤, 分离出根系, 监测根系生物量的积累动态。本文所用内生土芯包括外围尼龙网、不锈钢骨架、内管及顶部盖帽 4 部分(图 2)。尼龙网网眼孔径 2 mm。不锈钢骨架需要请专业人员制作, 制作时为保证钢圈的圆形标准, 宜用钢管分段锯断以获得钢圈, 钢圈管壁厚度 5 mm 左右, 不宜太薄, 以保证焊工操作方便, 上下钢圈中间可设置至少 3 根钢棍(长度 30 cm)。在上下钢圈上沿着半径方向再分别焊制至少 3 个短钢桩(长度 3 cm)用以固定内部的 PVC 管, 内管可采用 PVC 材料管及配套堵头。装置外圈半径 8.5 cm, 内管半径 5.5 cm, 高度 30 cm, 装置高度还可根据实际土层厚度和试验需要调整。使用时, 可以将装置整体拔出, 用小刀按深度切开 PVC 管外围土壤, 获得分层土壤样品; 若不需要分层取样, 可直接拔出内管, 取出网内土壤和根系即可。

2 实际应用

利用本装置在内蒙古包头达茂旗希拉穆仁草原进行了实际应用。本区属于半干旱荒漠草原, 年均降水量 284 mm^[20-21]。试验区于 2014 年开始围封禁牧, 禁牧区共包括 3 块样地, 每块样地面积 110 m × 120 m, 在每块样地内安装 3 套装置, 装置间距 30 m, 呈三角形排布, 安装时首先转取半径为 8.5 cm、深度为 30 cm 的圆柱形洞穴, 将装置骨架放入洞穴, 然后将过 1 mm 筛后的无根系土壤, 按深度分层填入 PVC 管外围与纱网之间的空隙, 并用木棍适当压实土壤到

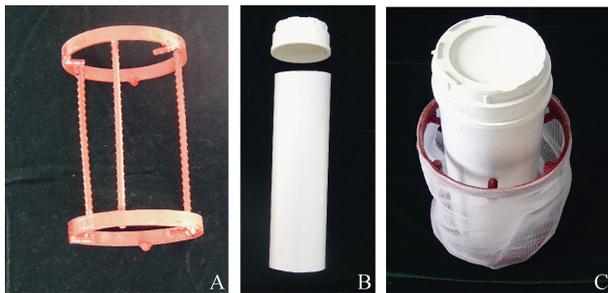
基金项目: 国家自然科学基金项目(31560141)、教育部科学技术研究项目(213006A)、内蒙古自然科学基金项目(2015MS0319)和教育部科技创新团队项目(IRT1259)资助。

* 通讯作者(nmgcjwang3@163.com)

作者简介: 王占义(1981—), 男, 内蒙古包头人, 博士, 主要从事草地植物根系生物学方面的工作。E-mail: zhanyiwang2006@163.com



图 1 内生长土芯法测定植物根系生长原理图(左)和现场安装照片(右)



(A. 外围钢制骨架; B. 内部 PVC 管及盖帽; C. 与纱网整体组合)
图 2 内生长土芯法装置构成图

接近原有土壤紧实度,再将盖帽安装固定。待植物根系生长一个月后,把装置的内管缓慢拔出,再把网袋拉出获得根系和土壤混合体,然后再用干筛法进行后续根系和土壤的分离。试验从 2016 年 5 月份开始到 8 月份,每月进行一次取样,地下净生产力通过累加每月新生长的根系生物量干重获得。

从结果来看,5—8 月份每月均可以获得一定量的根系(表 1),通过计算月地下净初级生产力 BNPP 可得到该地区的年地下初级生产力为 457.59 g/m²。侯向阳等^[22]对内蒙古苏尼特右旗荒漠草原围封禁牧区的测定结果为 450.2 g/m²(干旱年份 5—9 月份),可见本研究结果与此基本一致。2016 年本研究区也比较干旱^[23]。此外, Gao 等^[12]在内蒙古锡林郭勒典型草原围封区测定的 BNPP 结果是 366 ~ 464 g/m²,本研究的结果也接近。整体上,应用本装置可以测定荒漠草原根系周转和地下生产力。

表 1 运用内生长土芯法测定内蒙古荒漠草原围封区地下生产力

月份	根系生物量(g/m ²)
5	72.48 ± 16.36
6	63.98 ± 10.00
7	68.19 ± 5.59
8	91.40 ± 19.46
9	161.54 ± 31.59
总和	457.59

3 装置的优缺点

优点：采用 PVC 管填充了网袋之内的部分空间,减少了后续分离、挑选根系所需处理的土量；

单个网袋直径较大,增大了取样范围,同时又减少了样地内的取样点数和对样地的破坏；避免了取样土壤在冻融或者其他外力作用下变形,引起外围土壤的厚度变化；装置内部填充的土壤厚度小,贴近外围试验地的土壤,减小了土芯内部土壤和外围土壤之间的差异；装置采用不锈钢和 PVC 管等惰性材料,在土壤中不易和土壤发生反应,不影响植物根系生长。

缺点：单点取样直径较大,在植被发育密集、盖度大的地区不太适用。因为这些地区的根系密集分布,应用本方法获得根量可能较多,增加了后续分离根系的工作量；应用本方法需要制作不锈钢骨架,增加了成本,建议有条件的可以使用塑料或者 PVC 材料代替不锈钢。

参考文献：

- [1] Steen E. Variation of root growth in a grassley studied with a mesh bag technique[J]. Swedish Journal of Agricultural Research, 1984, 14: 93-97
- [2] Flower-Ellis J G K, Persson H. Ecological bulletins[M]. Sweden: Oikos Editorial Office, 1980: 125-138
- [3] Steingrobe B, Schmid H, Claassen N. The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops—influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2000, 163: 617-622
- [4] Chen S, Lin S, Loges R. Comparison of ingrowth core and sequential soil core methods for estimating belowground net primary production in grass-clover swards[J]. Grass & Forage Science, 2015, 70(1): 1-14
- [5] 朱桂林, 韦文珊, 张淑敏, 等. 植物地下生物量测定方法概述及新技术介绍[J]. 中国草地学报, 2008, 30(3): 94-99
- [6] Li X F, Zhu J, Lange H, et al. A modified ingrowth core method for measuring fine root production, mortality and decomposition in forests[J]. Tree Physiology, 2012, 33: 18-25
- [7] 赵灿, 张宇清, 秦树高, 等. 3 种典型沙生灌木 NPP 及其分配格局[J]. 北京林业大学学报, 2014(5): 62-67
- [8] 柴曦, 梁存柱, 梁茂伟, 等. 内蒙古草甸草原与典型草原地下生物量与生产力季节动态及其碳库潜力[J]. 生态学报, 2014, 34(19): 5530-5540
- [9] 邓强, 李婷, 袁志友, 等. 黄土高原 4 种植被类型的细根生物量和年生产量[J]. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3091-3098
- [10] 朱衍杰, 张秀省, 穆红梅, 等. 植物根系生长与研究方法的进展[J]. 北方园艺, 2012(20): 176-179

- [11] Smit A L, Bengough A G, Engels C, et al. Root methods: A handbook[M]. Berlin: Springer, 2000: 33–73
- [12] Gao Y Z, Giese M, Lin S, et al. Belowground net primary productivity and biomass allocation of a grassland in Inner Mongolia is affected by grazing intensity[J]. *Plant and Soil*, 2008, 307(1): 41–50
- [13] 李凌浩, 林鹏, 邢雪荣. 武夷山甜槠林细根生物量和生长量研究[J]. *应用生态学报*, 1998, 9(4): 2–5
- [14] 郭伟, 宫浩, 韩士杰, 等. 氮、水交互对长白山阔叶红松林细根形态及生产量的影响[J]. *北京林业大学学报*, 2016, 38(4): 29–35
- [15] 吴伊波, 车荣晓, 马双, 等. 高寒草甸植被细根生产和周长的比较研究[J]. *生态学报*, 2014, 34(13): 3529–3537
- [16] 邓强, 李婷, 袁志友, 等. 黄土高原 4 种植被类型的细根生物量和年生产量[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(11): 3091–3098
- [17] 裴智琴, 周勇, 郑元润, 等. 干旱区琵琶柴群落细根周转对土壤有机碳循环的贡献[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(11): 1182–1191
- [18] 周本智, 傅懋毅. 庙山坞自然保护区毛竹林细根生产和周转研究[J]. *江西农业大学学报*, 2008, 30(2): 239–245
- [19] 刘金梁, 梅莉, 谷加存, 等. 内生长法研究施氮肥对水曲柳和落叶松细根生物量和形态的影响[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(1): 1–6
- [20] 丁延龙, 高永, 蒙仲举, 等. 希拉穆仁荒漠草原风蚀地表颗粒粒度特征[J]. *土壤*, 2016, 48(4): 803–812
- [21] 高雪峰, 韩国栋. 荒漠草原土壤酶与土壤养分的动态研究[J]. *土壤*, 2011, 43(5): 793–797
- [22] 侯向阳, 纪磊, 王珍. 荒漠草原与典型草原 NPP、碳积累对不同降雨年份和利用方式的响应[J]. *生态学报*, 2014, 34(21): 6256–6264
- [23] 内蒙古气象. 内蒙古地区 2016 年 8 月下旬气象干旱监测报告[EB/OL]. <http://www.imwb.gov.cn/qxfw/jcsc/tqjc/ghjc/580166.shtml>

A Ingrowth Core Method in Determining Root Biomass in Desert Steppe

WANG Zhanyi¹, JIN Jing¹, WANG Chengjie^{1*}, HOU Jia², XU Wenyi¹

(1 College of Grassland and Resource Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China; 2 College of Vocational and Technical, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014100, China)

Abstract: A device and method was introduced and applied to determine the root biomass of the plant in desert grassland. The results proved that this method could effectively be used to measure the root biomass and net primary productivity of grassland in the desert steppe. It is more suitable to be applied in the desert steppe when the vegetation coverage is low.

Key words: Root biomass; Belowground net primary production; Net-bag method; Soil