

滇西北亚高山不同土地利用类型土壤容重与根系生物量的比较研究

徐 宁^{1,2}, 吴兆录^{1*}, 李正玲^{1,2} (1.中国科学院西双版纳热带植物园, 云南昆明 650223; 2.中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 调查了滇西北亚高山 5 种土地利用类型表层土壤(0~15 cm) 的含水量、容重、剖面特征以及地下根系生物量。就 0~15 cm 土壤层的平均含水量而言, 刈草草地>放牧草地>种植草地>青裸地>荒山灌丛, 说明耕种(青裸地) 使土壤干燥, 荒山灌丛土壤含水量较低, 与其所处的微地形有关。青裸地由于人为翻耕的原因, 表层土壤中植物根系很少, 土壤容重最大, 其他 4 种不同土地利用类型表层土壤的容重均≤1.00 g/cm³, 可能是土壤层中有大量植物根系的原因。种植草地经过 1 次翻耕, 其土壤容重小于经过多次翻耕的青裸地, 大于其他 3 种土地利用类型, 说明土壤植物根系含量的多少直接影响着土壤容重的大小。在土壤容重计算过程中, 应考虑植物根系的作用。

关键词 土壤容重; 土壤含水量; 土壤剖面; 地下根系生物量; 滇西北
中图分类号 S152.5 文献标识码 A 文章编号 0517- 6611(2008) 05- 01961- 03

Comparative Studies on Soil Bulk Density and Underground Roots Biomass under Different Land Use Types in Northwestern Yunnan Province
XU Ning et al (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223)
Abstract The soil bulk density, soil moisture and soil section, and underground roots biomass under different land use types in northwestern Yunnan Province were investigated. The average soil moisture in 0~15 cm was forage meadows>grazing pastures>cultivated meadows> barley terra>deserted-hill boscages. It was resulted that culture could make the soil dry and the lowest soil moisture of deserted-hill boscages was related to the altitude of the hill. Being man-made culture, there was a little roots underground barley terra, which made the soil bulk density was the biggest. For the roots of the soil, the soil bulk density of the other 4 kinds of meadows were less than or equal to 1.00 g/cm³. The soil bulk density of cultivated meadows was less than barley terra and more than the other 3 kinds of meadows. It was said that the roots biomass could affect the soil bulk density. So the effect of plant roots should be considered in the calculation of soil bulk density.
Key words Soil bulk density; Soil moisture content; Soil section; Underground roots biomass; Northwestern Yunnan Province

田间自然垒结状态下单位容积土体(包括土粒和孔隙) 的质量或重量称为土壤容重。一般情况下, 土壤容重小说明土壤孔隙数量多, 比较疏松, 结构性好, 土壤的水分、空气、热量状况良好。因此, 土壤容重是土壤肥瘦和耕作质量的重要指标^[1]。

通常土壤容重为 1.00~1.50 g/cm³, 自然沉实后的表土容重为 1.25~1.35 g/cm³, 自然土的土壤容重较耕作土小。根据文献, 耕地、森林、草地的土壤容重大多为 0.80~1.60 g/cm³, 仅有原始红松林 0~10 cm 层的土壤出现过容重值为 0.47 g/cm³ 的情况^[2]。而在特定条件下, 土壤容重会有大的变化, 例如, 刚翻耕的农田表层和泡水软糊的水田耕层的土壤容重可降到 1.00 g/cm³ 以下^[3], 因水流而自然沉积紧实的土壤和沙质土壤容重可增大至 1.40~1.60 g/cm³^[4-5], 土木建筑工地上夯实的土壤容重可高达 1.80~2.00 g/cm³^[1]。但是, 在测定土壤容重时, 大部分研究往往只考虑土壤体积、含水量, 而没有考虑土壤中根系的作用。

在滇西北的亚高山地区, 笔者对自由放牧草地、围栏刈草草地、人工种植草地、荒山灌丛、青裸地进行了土壤容重、含水量、根系生物量等方面的比较研究, 发现在自然条件差别可以忽略但利用方式不同的土地中, 土壤容重与根系生物量密切相关。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况 滇西北地处青藏高原向云贵高原和四川盆地的过渡地带, 是横断山脉的主体部分, 生物多样性丰富。其中迪庆自治州有着丰富的草场资源, 适宜放牧的荒山草地达 45.67 万 hm²。该研究地点达拉村隶属于迪庆藏族

自治州州府香格里拉县建塘镇四村办事处。达拉村地理位置为 99°46' 27.8" E, 27°47' 27.8" N, 海拔 3 340~3 350 m。该地区气温最高值为 25.5℃, 最低值为 - 27.4℃, 年均降水量 618.4 mm, 年均无霜期 121 d, 年均日照 2 180.3 h。

2002 年以前, 属于达拉村的林间公共草地按照不同利用方式划分为 2 种类型。一种是围栏刈草草地, 每年 9 月中旬左右收割, 所得草料留牲畜过冬食用, 收割以后牲畜可以自由进出围栏取食残留的草茬。另一种是自由放牧草地, 是常年进行公共放牧的草地类型。2002 年, 在当地政府协助下, 达拉村在原来自由放牧的草地上圈出 1 块约 2 hm² 的草地, 翻耕平整后种植黑麦草(*Lolium perenne*), 其后任其自然生长, 每年 9 月中旬收割 1 次, 收割后也进行一段时间的放牧。因此, 达拉村公共草地可以分为 3 种类型, 即自由放牧草地(简称放牧草地) 、围栏刈草草地(简称刈草草地) 、人工种植草地(简称种植草地) , 加上村子周围的荒山灌丛和作为耕地的青裸地, 该研究共取 5 种土地利用类型。

1.2 研究方法

1.2.1 野外取样。2006 年 8 月, 在达拉村就 5 种土地利用类型的典型地带进行了野外取样调查。

土壤剖面: 各做 1 个土壤剖面, 除去土壤表层植物体, 记录土壤发生层特征; 土壤容重: 用直径 5 cm、高 5 cm 的环刀分 3 层取样(0~5、5~10、10~15 cm) , 重复 3 次, 即每种土地利用类型取 9 个土样, 则 5 种土地利用类型共取 45 个土样; 土壤水分: 测定 45 个土样的土壤鲜重, 分别装入自封袋中带回实验室处理; 土壤根系: 在种植草地、放牧草地以及刈草草地这 3 种利用类型的草地中, 随机各取 3 个 10 m×10 m 的样方作为基础样地, 在其中按对角线法随机选取 5 个 1 m×1 m 的小样方, 用环刀分 3 层取样(0~5、5~10、10~15 cm) , 每种利用类型草地有 30 个取样点, 共取得 90 个土柱, 分层装入自封袋中带回实验室处理。

基金项目 中国科学院知识创新工程重要方向项目第六课题资助(KSCX2-1-09-06) 。
作者简介 徐宁(1983-) , 女, 山东临沂人, 硕士研究生, 研究方向: 植物生态学。* 通讯作者, E-mail: zlwu@xtbg.ac.cn。
收稿日期 2007- 10- 22

1.2.2 实验室处理。将用于测定土壤容重与水分的 45 个土样置于烘箱中,在 110℃条件下,烘 8 h 至恒重,测定土样干重,计算土壤含水量。

用于测定土壤根系的 90 个土柱带回实验室先进行根系清洗,拣去土壤中较大的石块杂物,然后在孔径 1.0 和 0.5 mm 的筛子内用清水冲洗,冲洗时 1.0 mm 孔径筛在上方,0.5 mm 孔径筛在下方,这样较粗的根留在 1.0 mm 孔径筛中,细毛根则留在 0.5 mm 孔径筛中。如此反复过筛冲洗,使附在根上的细土粒减少到最低限度。用镊子将根从筛子中挑出,不区分死根和活根,按照土壤层次装入纸袋,置于鼓风干燥箱中,80℃恒温下经 24 h 烘至恒重,称其干重,最后换算成单位面积草地的地下根系生物量。

1.2.3 数据处理。土壤容重公式为 $\rho = m / (1 + \theta) V$ 。其中: ρ 为土壤容重 (g/cm^3); m 为环刀内土壤鲜重 (g); V 为环刀容积 (cm^3); θ 为样品含水量 (质量含水量,%)。允许平行绝对误差 $<0.03 \text{ g}/\text{cm}^3$,取算术平均值。利用根系的转换率与最大生物量的乘积来估算根的生物量,即: $\text{NPP} = B_{\text{max}} \times T$ 。根系在全年 12 个月的转换率计算公式为: $T = (B_{\text{max}} - B_{\text{min}}) / B_{\text{max}}$,其中 B 为生物量 (g/m^2), T 为转换率。

数据统计分析采用 SPSS 12.0 软件。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用类型对土壤剖面结构的影响 由图 1 可见,不同土地利用类型对土壤剖面结构产生明显影响。枯枝落叶层由植物凋落物及其植株残骸落入土壤中经过分解或半分解形成。对于种植草地、放牧草地以及刈草草地而言,地上植被丰富多样,年复一年经历发芽、生长到凋亡的过程,形成了厚薄不一的分解、半分解的枯枝落叶层;荒山灌丛植被稀疏,枯枝落叶层极少;而青裸地作为重要的耕地,由于人为翻耕清理,也不存在枯枝落叶层。腐殖质层含有大量的有机物质,颜色较深,多是由被分解生物体形成的有机质与土壤混合而成。5 种不同土地利用类型均有腐殖质层,种植草地和青裸地由于经过翻耕,腐殖质层比其他 3 种土地利用类型薄。淋溶层是硅酸盐粘粒、铁、铝等单独或一起淋失而石英或其他抗风矿物砂粒或粉粒相对富集的一层,色调较红。在所调查的土壤剖面中,可能是由于地势较低的原因,刈草草地淋溶层不明显;青裸地则是因为翻

耕的原因,该层也不明显。淀积层则是硅酸盐粘粒、铁、铝、腐殖质、碳酸盐、石膏或硅的淀积,具有明显的粒状、块状或棱柱状结构,是 5 种土地利用类型全部具有的土壤发生层。

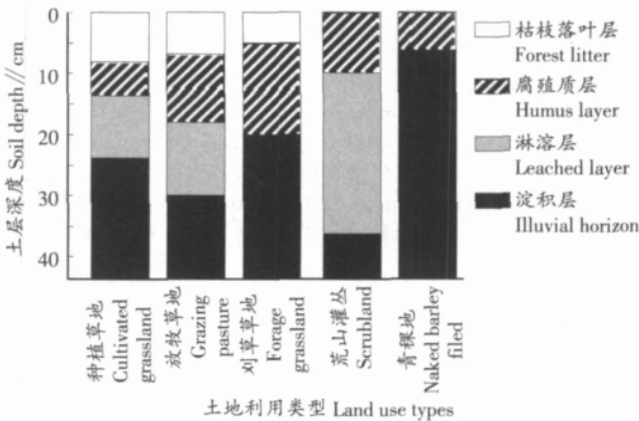


图 1 不同土地利用类型土壤剖面示意图
Fig. 1 Sketch map of soil profiles of different land use types

2.2 不同土地利用类型对土壤含水量的影响 土壤含水量大小受耕作、植被等因素的影响较大,但是在该研究中,地形的影响是主要的。由表 1 可见,就 0~5 cm 土壤层的平均含水量而言,刈草草地>放牧草地>种植草地>青裸地>荒山灌丛。不同土地利用方式对各层次土壤含水量的影响不同。在 0~5 cm 土壤层,刈草草地土壤含水量较高,其余 4 种土地利用类型的较低且无显著性差异;5~10 cm 的土壤层,刈草草地土壤含水量最高,种植草地与放牧草地含水量相近,且高于荒山灌丛和青裸地;在 10~15 cm 的土壤层,含水量高低变化规律与平均含水量的规律大体相同。其中,青裸地由于耕种使土壤干燥,荒山灌丛土壤含水量较低,与其所处的微地形有关。

2.3 不同土地利用类型对土壤容重的影响 由表 2 可见,青裸地的各层土壤容重最大,其次是种植草地,而其他 3 种土地利用类型的平均土壤容重无显著性差异,且这 5 种不同土地利用类型各层土壤容重的大小无明显规律,平均土壤容重为青裸地>种植草地>荒山灌丛>刈草草地>放牧草地。

2.4 不同土地利用类型对土壤根系生物量的影响 在 5 种不同土地利用类型的样地中,笔者仅调查了 3 种不同草地利用类型对土壤根系生物量的影响。放牧草地因为被牛、羊

表 1 不同土地利用类型 0~5 cm 土壤含水量
Table 1 Soil moisture content in 10~15 cm of different land use types g/kg

土地利用类型 Land use type	土层深 Soil layer depth// cm			平均值 Mean
	0~5	5~10	10~15	
种植草地 Cultivated grassland	213.7±57.2 a	383.1±57.6 ab	329.2±07.5 a	308.7±86.6
放牧草地 Grazing pasture	213.3±31.5 ab	388.3±38.0 ab	501.7±1.4 a	367.8±45.3
刈草草地 Forage grassland	577.0±79.1 b	504.7±55.4 ab	575.5±6.6 c	552.4±1.3
荒山灌丛 Scrubland	168.4±23.4 a	219.4±65.8 a	210.1±33.3 b	199.3±27.2
青裸地 Naked barley filed	237.4±9.2 a	237.4±1.5 a	240.1±1.2 ab	238.3±1.5

注: 同列比较, 相同字母表示两者间无显著性差异, 不同字母表示两者间差异显著 ($P<0.05$)。下表同。
Note: Same letter in the same row means no significant differences; Different letters mean significant difference ($P<0.05$). The same of follows.

表 2 不同土地利用类型 0~5 cm 土壤容重
Table 2 Soil bulk density in 10~15 cm of different land use types g/cm³

土地利用类型 Land use type	土层深 Soil layer depth// cm			平均值 Mean
	0~5	5~10	10~15	
种植草地 Cultivated grassland	1.03±0.02 ac	0.96±0.05 ac	1.01±0.07 a	1.00±0.04
放牧草地 Grazing pasture	0.98±0.09 a	0.71±0.08 b	0.62±0.07 bc	0.77±0.19
刈草草地 Forage grassland	0.72±0.06 b	0.83±0.21 ab	0.79±0.14 bc	0.78±0.06
荒山灌丛 Scrubland	0.76±0.05 b	0.77±0.12 ab	0.88±0.14 ac	0.80±0.07
青裸地 Naked barley filed	1.17±0.13c	1.20±0.06 c	1.11±0.14 a	1.16±0.04

等牲畜啃食,地上植被矮小,故其大量养分用于发展地下根系,所以地下根系分布最为丰富,生物量最大;种植草地因为经过翻耕的缘故,损失了部分地下根系,是这3种草地中地下根系生物量最小的,刈草草地居于两者之间(图2)。如果将藏族传统的围栏养草草地(刈草草地)的地下根系生物量的积累设为基数1,则自由放牧草地为1.627,引种优良牧草的种植草地为0.482,放牧草地地下生物量是种植草地地下生物量的3.38倍。对阿根廷草地地下生产力的研究表明,放牧草地是禁牧草地的2倍^[6]。看来,过度放牧减少地上生物量而促进地下生物量的积累,是有普遍意义的。另外,放牧草地各种土壤养分含量比较高也可能是其地下生物量偏高的原因之一。

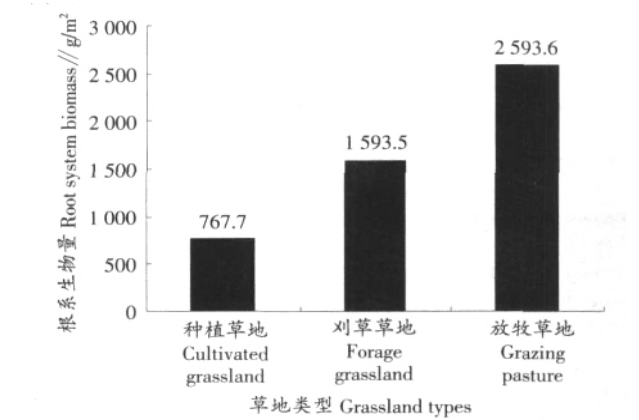


图2 不同草地利用类型的根系生物量
Fig. 2 Root system biomass of different grassland use types

3 小结与讨论

3.1 干扰使高海拔草甸土壤容重增大和土壤含水量减小 如果把刈草草地看成受干扰最小而青裸地受干扰最大,则该研究显示,受干扰小的草地土壤含水量高而土壤容重小,受干扰大的草地土壤含水量低而容重大,这与周华坤等对青藏高原高寒草甸土壤^[7]的研究结果十分相似(表3)。滇西北亚高山草甸和青藏高原高寒草甸均属高海拔草甸,说明干扰使高海拔草甸土壤容重增大和土壤含水量减小。另一方面,土壤含水量的大小与地上植被及微地形有关,荒山灌丛植被盖度最低,且海拔最高,其土壤含水量最小。

表3 不同退化程度高寒草甸0~20 cm土壤特性
Fig. 3 Soil properties in 0~20 cm of alpine meadow with different degradation degrees

退化水平 Degradation level	含水量/% Moisture content	土壤容重/g·cm³ Soil bulk density
未退化 Non-degraded	36	0.86
轻度退化 Light degraded	31	1.20
中度退化 Moderate degraded	26	1.32
重度退化 Heavy degraded	25	1.36
极度退化 Extreme degraded	17	1.57

3.2 土壤容重与根系生物量的关系 资料表明,很多情况下,土壤容重均大于1.00 g/cm³。例如在黄泛沙地(海拔小于50 m)毛白杨不同整地规格造林试验^[8]中发现,表层0~20 cm的土壤容重为1.18 g/cm³,未整地的土壤容重为1.23 g/cm³;低山丘陵区^[9]0~20 cm的土壤容重分别为林地0.98 g/cm³、草地1.11 g/cm³、板栗地1.25 g/cm³、当年开垦的农地1.12 g/cm³、开垦3年的农地1.37 g/cm³;在对鄂东(北)海拔0~800 m的茶园土壤分析^[10]中发现,所有样点的0~20 cm的土壤容重为0.91~1.40 g/cm³;而黄土高原旱地^[11]0~5 cm的土壤容重为

1.20~1.30 g/cm³,该地区平均海拔为2 000 m,对古巴首都哈瓦那(热带地区)的研究^[12]发现,0~15 cm的土壤容重与不同的土地利用方式密切相关且受季节的影响较小。在旱季,放牧草地的土壤容重为1.26 g/cm³,种植草地为1.33 g/cm³,耕地为1.37 g/cm³;在雨季,放牧草地为1.28 g/cm³,种植草地为1.31 g/cm³,耕地为1.36 g/cm³。

笔者研究发现,除青裸地外,其他4种不同土地利用类型表层土壤的容重均等于或小于1.00 g/cm³,可能是土壤层中有大量植物根系的原因。青裸地中由于人为翻耕的原因,其表层土中植物根系很少,土壤容重最大,说明土壤植物根系含量的多少直接影响着土壤容重的大小。

总体上说,滇西北亚高山草地退化极为严重^[13],但一些定点研究表明,滇西北藏族地区传统的草地管理方式更有利于草地生物量积累、土壤肥力提高和生物多样性保护^[14-16],土壤容重的调查结果也证明了该结论。

土壤容重是土壤肥力的重要指标之一。土壤容重过大妨碍植物根系的正常生长,即使土壤中有丰富的营养元素,也难以吸收利用,从而降低土地的生产力。该研究发现,草地植物的生长及地下根系的巨大生物量,减小了土壤容重。测定土壤容重时也要考虑土壤根系生物量的大小,并不是某一地区土壤容重越小就说明该地区土壤孔隙度、透气性、透水性以及保水能力越高,越适合农作物的耕种。在当前广泛使用的土壤容重计算公式中,均未考虑植物根系的影响,这是需要改进的地方。

参考文献

[1] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000:67-68.
[2] 满秀玲,于凤华,戴伟光,等.森林采伐与造林对土壤水分物理性质的影响[J].东北林业大学学报,1997,25(5):57-60.
[3] 郭颖杰,李云飞,袁月明,等.春播镇压对淡黑钙土含水率影响的实验研究[J].吉林农业大学学报,1999,21(2):66-69.
[4] 吴华山,陈效民,叶民标,等.太湖地区主要水稻土水力特征及其影响因素[J].水土保持学报,2005,19(1):181-187.
[5] 马风云,李新荣,张景光,等.沙坡头固沙植被若干土壤物理因子的空间异质性研究[J].中国沙漠,2005,25(2):207-214.
[6] PUCHETA E, BONAMICI I, CABIDO M, et al. Below-ground biomass and productivity of a grazed site and a neighbouring ungrazed enclosure in a grassland in central Argentina [J]. Austral Ecology, 2004, 29: 201-208.
[7] 周华坤,赵新全,周立,等.青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J].草业学报,2005,14(3):31-40.
[8] 马玲,姜岳忠,王小芳,等.黄泛沙地毛白杨不同整地规格造林试验[J].河北林果研究,2004,19(4):311-313.
[9] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶,等.低丘陵区土地利用方式对土壤质量的影响——以河北省遵化市为例[J].地理学报,2001,56(4):448-455.
[10] 胡学玉,张继铭,江洪,等.鄂东(北)茶园土壤物理环境分析[J].茶叶,2004,30(3):150-152.
[11] 罗珠珠,黄高宝,张国盛.保护性耕作对黄土高原旱地表土容重和水分入渗的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):7-11.
[12] CARAVACA F, ALGUACIL M M, ROLDAN A. Changes in physical and biological soil quality indicators in a tropical crop system(Havana, Cuba) in response to different agroecological management practices [J]. Environment Management, 2003, 32(5): 639-654.
[13] 包维楷,吴宁.滇西北德钦县高山、亚高山草甸的人为干扰状况及其后果[J].中国草地,2003,25(2):1-8.
[14] 刘玲玲,吴兆录,李青,等.滇西北藏族地区不同管理方式的草地生物量的比较研究[J].生态学杂志,2005,24(12):1409-1412.
[15] 吴兆录,许又凯,蔡传涛,等.滇西北藏族(族)利用植物资源的实践和理念[J].西南林学院学报,2005,25(3):18-21.
[16] 吴兆录,蔡传涛,许又凯,等.轮牧传统衰退:滇西北藏区亚高山草地退化的人文因素[J].云南地理环境研究,2005,17(6):1-4.