

道路边坡土壤水分空间变异性研究*

刘 浩,艾应伟,陈黎萍,杨雅云,许贵文

(四川大学 生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室,成都 610064)

摘 要:以 20 世纪 50 年代修建成昆铁路时形成的路堑边坡为对象,对道路边坡土壤水分在不同坡度、坡长、坡位的空间变异性进行观测研究。结果表明:道路边坡土壤水分随着坡度的增大呈现先增大再减小的变化趋势,在同一坡面不同坡位上的土壤含水量表现为坡下> 坡中> 坡上。道路边坡土壤水分随着坡长的增长而减小,最短的 10 m 坡长土壤含水量为 23.27%,而最长的 40 m 坡长土壤含水量为 21.78%,最短坡长比最长坡长的土壤含水量增加了 6.84%。

关键词:道路边坡;土壤水分;空间变异

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)01-0241-03

Study on the Spatial Variability of Soil Water Moisture of the Road Slope

LIU Hao, AI Ying-wei, CHEN Li-ping, YANG Ya-yun, XU Gui-wen

(College of Life Sciences, Sichuan University, Key Laboratory of Bioresources and
Ecoenvironment, Ministry of Education, Chengdu 610064, China)

Abstract Based on the railway slope which formed by the building of Chengdu-Kunming railway, the variability of soil water moisture of the road slope in different slope steepness, slope length and slope position were observed and studied. The results showed that: the soil water moisture has the tendency of increasing at first, and then decreasing with the increasing of slope steepness. The sequence of the magnitude of the heterogeneity is the bottom slope > the mid-slope > the top-slope along the same slope. Soil water moisture decreases with the increasing of the slope-length: the shortest (10 m) is 23.7%, and the longest (40 m) is 21.78%, the soil water moisture of the shortest slope is as 1.068 4 times as that of the longest slope.

Key words: road slope; soil water moisture; spatial variability

我国是一个多山的国家,山地、丘陵和地形比较崎岖的高原所构成的山区占国土总面积的 50% 以上。在山区的道路工程建设中,道路多穿行于河谷山川之间,道路沿线土石方的开挖,形成了大量的道路边坡。道路边坡的开挖破坏了原有植被覆盖层,导致出现大量的次生裸地以及产生严重的水土流失现象,造成生态环境的破坏^[1]。道路边坡土壤是植物形成、生长、演替的基础,而植被在道路边坡防护以及生态景观恢复方面又有着不可取代的重要作用。土壤水分是植物生长、植被恢复以及土壤侵蚀过程的重要影响因素,是反映土壤特性的重要指标。道路边坡土壤水分不仅影响坡面土壤的发育和植被的形成,而且对道路边坡的安全也有着重要的影响。道路边坡与农田、林地不同,处在一个特殊生境条件下,但有关道路边坡土壤水分的空间变异性及其影响因素目前尚缺乏研究报道。针对这一问题,对道路边坡土壤水分在不同坡度、坡长、坡位的空间变异性开展观测研究,以期对道路边坡防护和生态环境保护提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于成昆铁路 K123+800 - K125+100 范围内,该路段位于四川省夹江县吴场镇,位于北纬 30°72',东经 104°52'。所调查研究的道路边坡是 20 世纪 50 年代修建成

昆铁路时形成的路堑边坡,海拔 460 m 左右。当地属亚热带湿润季风气候,气候温和,无霜期长,雨热同季,雨量充沛,四季分明,年平均气温 17.2℃,年平均降雨量 1 357 mm,其土壤属于河流冲积物母质发育的黄壤土。

2 研究方法

根据调查研究区域道路边坡的特点,针对道路边坡坡度、坡长、坡位的不同,将道路边坡坡长划分为 4 种类型,将道路边坡坡度划分为 4 种类型,将道路边坡坡位划分为 3 种类型。其具体划分方法如下:

坡度。分为 25°、30°、35°、40° 共 4 种类型;

坡长。按坡长的水平投影长度,将坡长分为 10、20、30、40 m 共 4 种类型,其坡度均为 30°;

坡位。选择一个坡度为 35°坡长为 40 m 的边坡,按坡位的不同将整个坡面分为坡上、坡中、坡下共 3 种类型。

由于该路段道路边坡土层较薄,所以采样时只采取 0 - 20 cm 土层的土样。采样时间是 2005 年 12 月上旬。采样时,在以上所划分的不同坡长、坡度、坡位区间采取多点土样,对所采取土样,采用烘干法测定土壤含水量。利用 Excel 和 SPSS 软件进行实验数据处理。

* 收稿日期:2006-11-09

基金项目:国家自然科学基金项目(40571064);四川省科技攻关计划项目(2006Z10-006)

作者简介:刘浩(1981-),男,贵州贵阳人,硕士,主要从事环境生态学研究。

通信作者:艾应伟。

3 结果分析

3.1 不同坡度土壤水分空间变异性

地面坡度是坡地土壤水分与土壤侵蚀的重要地形影响因素之一。在产流情况下,坡度与径流的速度有关,坡度对土壤侵蚀的影响主要表现在坡度影响降雨入渗的时间,对坡面的入渗产流特征具有明显的效应,从而影响到坡面表层土壤颗粒、径流的挟沙能力以及侵蚀方式,地面坡度的不同会带来坡面土壤水分运移、分布的差异。该文所调查研究的道路边坡是 20 世纪 50 年代建成昆铁路时形成的路堑边坡,距今已有 50 a。其道路边坡土壤来源于坡面成土母质风化和坡顶农田土壤侵蚀 2 个方面。道路边坡坡度从 25° 到 40° 不同坡度间土壤含水量为 22.29% ~ 23.31%,不同坡度间土壤水分含量的变化幅度不大。其中以 30° 的道路边坡土壤含水量最高,以 40° 的道路边坡土壤含水量最低。40° 的高坡度道路边坡土壤含水量最低可能与坡度太陡,降雨沿坡面流失以及土壤水分向下侧移流失较多有关。而 30° 比 25°、35°、40° 的道路边坡土壤含水量高的原因,可能是 30° 道路边坡土壤水分蒸发以及土壤水分流失的数量比其它低坡度和其它高坡度相对偏少所致。从图 1 可看出,随着坡度的增大,土壤水分呈现先增大再减小的变化趋势,但不同坡度之间的道路边坡土壤水分不存在显著性差异 ($\chi^2 = 0.03$, $P > 0.05$)。

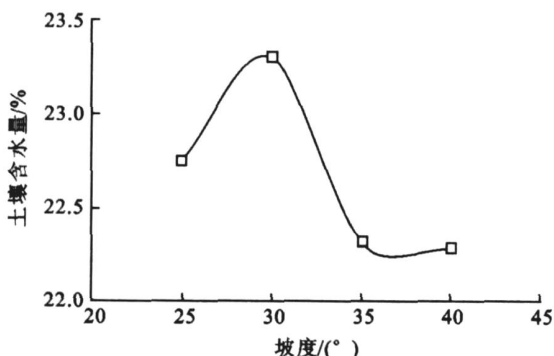


图 1 道路边坡不同坡度的土壤含水量

3.2 不同坡长土壤水分空间变异性

自然坡长指坡顶至坡脚的水平投影距离,侵蚀坡长是指坡面上从产流起点到沉积区不间断的地表径流流经的距离。一般在产流情况下,坡面斜坡长与侵蚀坡长是一致的。一般而言,坡长对水土流失的影响主要表现在坡长对降雨强度具有明显的响应,降雨强度影响土壤侵蚀的强度,土壤侵蚀随坡长的变化而变化。在一定降雨强度引起的超渗产流情况下,由坡面上部至下部各断面的径流量是不同的,从而引起坡面各部位的侵蚀方式和遭受的侵蚀程度不同。由于坡长因素与土壤侵蚀有着密切关系,坡长将会影响到对土壤水分的变化。

道路边坡不同坡长的土壤水分变化情况见图 2。从图 2 可看出,在不同坡长条件下,道路边坡土壤水分与坡度呈明显的指数函数关系,表现为道路边坡土壤水分随着坡长的增长而减小,坡长越长,土壤水分越低。道路边坡不同坡长间的土壤含水量变化幅度为 21.78% ~ 23.27%。其中,最短的 10 m 坡长道路边坡土壤含水量为 23.27%,而最长的 40 m 坡长道路边坡土壤水分 21.78%,最短坡长比最长坡长的土壤水分增加了 6.84%。沿坡长方向对 4 个不同坡长道

路边坡土壤水分的变异系数进行分析得出,其变异系数随着坡长的增长出现先减小再增加的趋势。这与坡长的不同带来风速、温度、植被、土壤特性等因素的差异,导致土壤水分在不同位置上分布的差异性有关^[2]。此外,由于坡面上有浅侵蚀沟的存在,加之道路边坡土壤水分在坡面上的变异性受微地形、植被等多方面影响,这些都会导致不同坡长上道路边坡土壤水分的变化。

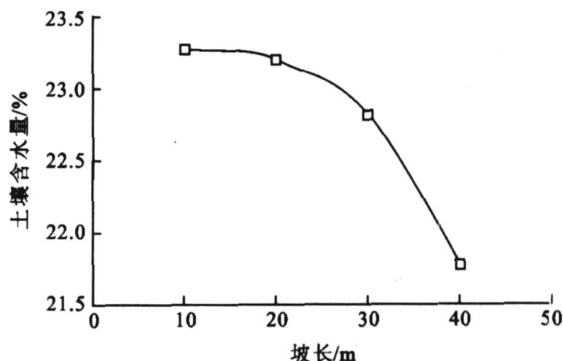


图 2 道路边坡不同坡长的土壤含水量

3.3 不同坡位土壤水分空间变异性

道路边坡坡位的不同会带来坡面局部地形、土壤性状的空间变异。土壤水分与地形、土壤性状的空间变异有关。地形的不同,植被的分布也不同,形成的土壤生物结皮和成土层厚度也不一致,土壤生物结皮和成土层越厚的地方,土壤保水能力越强,降雨季节土壤含水量就越高。另外,地形不同,地面及植被受阳光的量和时间也不同,造成水分地面蒸发和蒸腾作用的差异,形成土壤水分的变异^[3]。土壤性状的空间变异通常是有方向性的,即由于局部地形、植被分布及其他环境因子对土壤性状产生影响,导致其在不同方向上的土壤水分呈现不同的变异特性^[3]。从图 3 可知,道路边坡土壤含水量表现为坡下 > 坡中 > 坡上,坡下的土壤含水量以 24.72% 居最高,坡上的土壤含水量以 23.60% 而最低。对农田、林地等坡地土壤水分的研究结果表明,土壤水分在坡地不同位置上的变化有一定规律性,即从坡上到坡下由于坡面降水再分配使其土壤水分越来越大^[4-5]。道路边坡的形成与所处环境与农田、林地等坡地有差异,但在道路边坡坡面上不同坡位的土壤水分变化趋势却与农田、林地等坡地土壤水分的变化趋势相同。

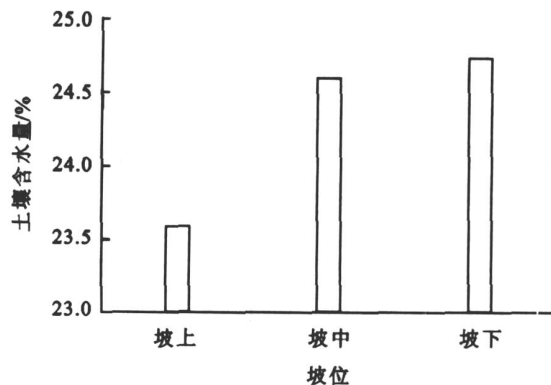


图 3 道路边坡不同坡位的土壤含水量

4 讨论

土壤水分是降水等气候因素与土壤特性的综合反映,在

土壤、植被、地貌等因素一致的情况下,土壤水分反映了大气降水与水分蒸发的相关关系。土壤水分受降雨、植被、地貌等多方面的因素影响,单一考虑其中的一个或几个因素都不能完全表达出土壤水分的变异性。另外,由于侵蚀、植被等因素造成的坡面浅沟等微地形,也会对土壤水分造成影响^[6]。降雨和植被作为主要的影响因素,对道路边坡的稳定性以及道路边坡土壤的水分差异有着重要的作用。降雨是土壤侵蚀的动力因素,水土流失量随降雨量的变异而发生变化。植被具有拦蓄降雨、减少径流、固持土壤、防止侵蚀、改良土壤、改善生态环境等作用,植被作为水土保持当中的有效因子,不同植被会造成土壤水分利用以及土壤水分空间分布的差异性^[4,7]。

一般而言,坡度不同,土壤抗侵蚀能力会随着发生变化,从而影响到土壤水分的变化。Tenberge 等研究发现,0 - 10 cm 表层土壤水分沿坡面纵向不存在空间差异^[8]。Miller 等在美国 Sacramento 市西北 Dunnigan 山区选取的一个 400 m 长坡面研究表明,在 50 cm 深处的土壤水分不随坡面位置的不同而改变^[9]。这与本研究成果一致,在本研究当中,土壤水分并没有随着道路边坡坡度的变化表现出一定的规律性。造成这种结果的原因可能与道路边坡的土层较薄,采样只限于 0 - 20 cm,浅层的坡面土表现出极不稳定,容易受到干扰,导致道路边坡土壤水分的规律性较差。道路边坡坡面土壤水分分布是降雨、植被以及坡度、坡长等综合因素影响的结果,而坡地地形与土壤侵蚀密切相关,对陡坡坡面土壤水分的研究中,不能孤立地研究土壤水分,而应考虑陡坡坡地的实际情况,把土壤水分再分布过程与土壤侵蚀过程有机地结合起来研究。

由于不同时间阶段土壤水分分布所受的主导影响因素可能不同,土壤水分随时间的变化较大,不象其他土壤理化性质一样具有相对稳定性,而且不同尺度上土壤水分的空间变异规律是不同的,土壤水分的分布和变异具有时间依赖

性。该文只对特定时间里道路边坡土壤水分空间变异性的一些规律进行探讨,缺乏其不同时间段的动态变化结果,要全面了解道路边坡土壤水分的空间变异规律,还需要对道路边坡土壤水分空间分布随时间的变化及在不同尺度上的规律性做更进一步的研究。

参考文献:

[1] 杨喜田,董惠英,黄玉荣,等.黄土地区高速公路边坡稳定性的研究[J].水土保持学报,2000,14(1):77-81.

[2] 胡伟,邵明安,王全九.黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异性研究[J].水科学进展,2006,17(1):74-81.

[3] 马风云,李新荣,张景光,等.沙坡头人工固沙植被土壤水分空间异质性[J].应用生态学报,2006,17(5):789-795.

[4] 徐学选,刘文兆,高鹏,等.黄土丘陵区土壤水分空间分布差异性探讨[J].生态环境,2003,12(1):52-55.

[5] 李裕元,邵明安,张兴昌.侵蚀条件下坡地土壤水分与有效磷的空间分布特征[J].水土保持学报,2001,15(2):41-44.

[6] 潘成忠,上官周平.黄土半干旱丘陵区陡坡地土壤水分空间变异性研究[J].农业工程学报,2003,19(6):5-9.

[7] Scholz F G,Bucci S J,Goldstein G,et al. Hydraulic redistribution of soil water by neotropical savanna trees[J]. Tree Physiology,2002,22:603-612.

[8] TenBerge H F M,Stroosnijder L,Burrough P A,et al. Spatial variability of physical soil properties influencing the temperature of the soil surface[J]. Agricultural Water Management,1983,6:213-226.

[9] Miller M P,Singer M J,Nielsen D R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills[J]. Soil Sci. Soc. Am.J.,1988,52:1133-1141.

(上接第 240 页)

参考文献:

[1] 解明曙,吴秋丽,谌利斌,等.实施陆地生态修复的科学观[J].中国水利,2004(8):33-34.

[2] 刘震.利用生态的自我修复能力防治水土流失[J].水土保持研究,2001,8(4):13-16.

[3] 梁宗锁,左长清,焦巨仁.生态修复在黄土高原水土保持中的作用[J].西北林学院学报,2003,18(1):20-24.

[4] 姜德文.荷兰等欧洲国家生态修复所见所思[J].中国水土保持,2004(5):4-5.

[5] Mark B. Bush. Ecology of a Changing Planet[M].北京:清华大学出版社,2003.

[6] 张信宝.黄土高原植被建设的科学检讨和建议[J].中

国水土保持,2003(1):17-18.

[7] 杨新民,李玲燕.西北地区生态环境存在问题与生态修复对策[J].水土保持研究,2005,12(5):98-100.

[8] 任海,彭少麟.恢复生态学导论[M].北京:科学出版社,2001.

[9] 王国宏,张新时.从生态地理背景论草地畜牧业产业在黄土高原农业可持续发展中的战略地位[J].生态学报,2003,23(10):2017-2026.

[10] 毛显强,钟瑜,张胜.生态补偿的理论探讨[J].中国人口·资源与环境,2002,12(4):38-41.

[11] 彭立威.论环境教育的价值目标[J].湖南师范大学教育科学学报,2005(1):20-23.