

黄土高原坡地单株植物下的微地形研究

宋述军, 李辉霞, 张建国

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要:坡地孤立植物下的微地形反映了植被、土壤、侵蚀和沉积过程之间复杂的相互作用。本文通过对黄土高原三种植物微地形结构的研究, 分析了坡度和植物种类对微地形形成的影响。结果表明: 坡度越大, 沉积物堆积高度越大, 微地形越明显; 不同植物之间的微地形有明显差异。本研究中, 地表植被覆盖为草类的刺槐林保持土壤的作用最大, 可以为黄土高原植被覆盖度低地区的植被恢复和水土保持规划提供科学依据。

关键词:黄土高原; 坡地; 微地形; 沉积物; 堆积

中图分类号: X171. 1

文献标识码: A

植被是影响土壤侵蚀最敏感的因子^[1], 是抑制坡面水土流失, 维持生态平衡, 改善生态环境的重要因素。在有植被覆盖的区域, 由于植物的影响, 土壤性质(物理、化学、生物、水文和微气候上的)得以改进, 而在裸露区域, 土壤则严重退化^[2, 3]。我国的黄土高原地区, 由于自然环境系统脆弱, 加上长期的毁林毁草、陡坡垦荒耕种、畜牧等人类活动, 致使植被遭到严重破坏后, 在很多地区呈单株植物与裸露地交替的离散分布。在这样的生态系统中, 由于土壤侵蚀和径流的作用, 沉积物在孤立植物的阻挡下堆积, 打破了坡面的连续性, 产生地表微地形。这种孤立植物下的微地形对表层土壤的物理、化学属性产生了积极的影响, 改善了半干旱生态系统环境中利于植被覆盖面积增加的条件^[4, 5]。本文研究黄土高原三种不同植物的地表微地形, 分析了沉积物堆积的影响因素及这三种植物在保持土壤中的作用大小, 以期水土保持规划和治理措施配置提供科学依据。

1 研究区概况

研究地点设在陕西省延安市碾庄乡羊圈沟坝库小流域, 流域面积 2.02 km², 海拔 1 025~ 1 250 m, 位于我国黄土高原北部, 109° 31' E, 36° 42' N, 地处干

旱、半干旱地区, 年降雨量 300~ 600 mm, 年降水量在时空分布上极不均匀, 主要集中在 7~ 9 三个月, 十年九旱, 汛期洪涝成灾。该区年均气温 9.1 ℃, 昼夜温差大, 年均日照时数 2 427 h, 无霜期 180d。

该区属黄土高原丘陵沟壑区, 以梁峁坡状丘陵为主, 坡位分异明显。地形切割破碎, 沟壑密度为 7 km/km²。平均海拔 1 000 m 以上, 土壤类型为黄绵土。研究地区天然植被破坏殆尽, 土壤抗冲抗蚀性极弱, 粗略估计年平均侵蚀量在 80 t/hm²·a⁻¹左右^[6]。

2 单株植物微地形的形成机理

如图 1 所示, 降水之后, 土壤表面产生径流。径流在单株植物上部的土壤表面, 沿着植物的周围顺流而下。植物上部坡度的增加导致径流速率降低, 从而使径流运输能力下降。由于土壤结构的改善, 还产生较好的径流入渗, 靠近植株区域的径流量也减少^[6]。由于上述作用, 植物周围发生沉积作用, 没有入渗的径流在植株的两侧分流, 局部区域径流的侵蚀作用加强(如植物的下坡区域), 使植物两侧的沉积物堆积高度较其上部的低。当植物两侧的径流汇集于植物的下方时, 侵蚀作用加强, 径流在遇到碎石块、土块或植物时又产生入渗。如此循环, 使得

收稿日期(Received date): 2002- 10- 15; 改回日期(Accepted): 2002- 12- 10。

作者简介(Biography): 宋述军(1978-), 男(汉族), 山东威海人, 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所读硕士研究生。[SONG Shurjun(1978-), male, the Han nationality, from Shandong province. Master of Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS.]

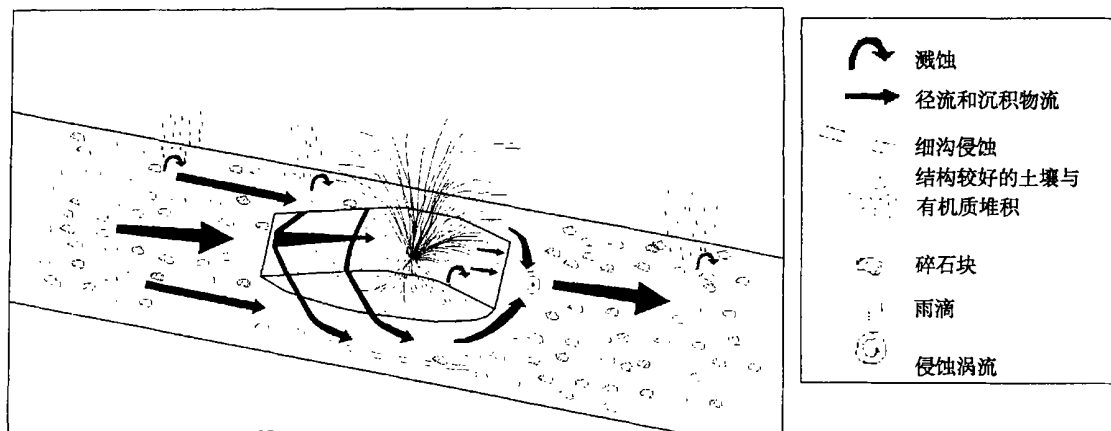


图 1 单株植物微地形的形成机理示意图

Fig. 1 Development mechanism of microtopography under the individual plant

半干旱区的孤立植物冠层下产生形态各异的微地形结构。

3 材料和方法

研究区在 2000 年实施退耕还林之前, 由于严重过牧, 灌丛和草地破坏殆尽, 而灌木的恢复速度较慢, 至今采样区内还没有灌木分布, 故选择研究区内较广泛分布的林草植物黄芩草 (*Themeda japonica*)、大披针苔草 (*Carex lenceolata*) 和刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 作为研究对象。考虑到单株植物的微地形发育较好, 可以更好的测量孤立植物微地形的堆积高度, 我们选择了以上三种植物零散分布的山坡。测量一系列地貌过程导致的植被覆盖下沉积物的净堆积, 其理想的参考点是微地形未发育之前植株插入土壤中的点, 从这一个点到堆积顶部的距离是土壤的净堆积。然而, 由于微地形的发育, 植物主茎深深埋入土壤, 并且有些植物的主茎与根系之间没有明显的特征变化, 这个点在野外难以确定。为此, 我们采用“堆积高度指数 (Mound Height Index, MHI)”这个变量来确定微地形的高度, 如图 2 所示, 堆积高度指数是指从堆积底部到顶部的距离 (MM')。

为了方便携带, 我们简单地用两把直尺和两个水平仪来测量堆积高度。在野外通过测量 [$M''M'''$] 来确定堆积高度 [MM'] (图 2): 一把直尺垂直放置

在 M'' 点上, 另一把直尺水平放置于与坡面垂直的 M 点上, 两把直尺相交于 M''' 点, 这样就可以测出 $M''M'''$ 的距离; 同理, 测出微地形另一侧 $M'M'''$ 的距离, 两者的平均值为堆积高度 (MM')。在测量出堆积高度之后, 用坡度仪测出所选的单株植物所在坡面的坡度。对三种植物类型分别采取 12 个样品, 测量其堆积高度指数和坡度值, 结果如表 1 所示。

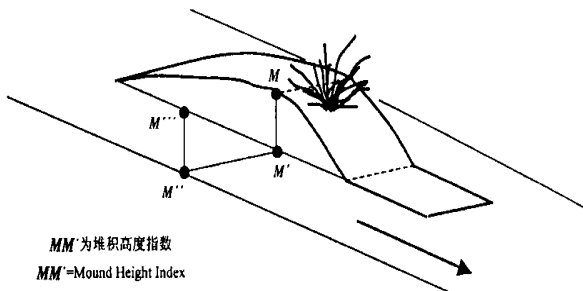


图 2 单株植物下的微地形结构示意图

Fig. 2 Sketch of the microtopographic structures that develop in association with isolated plants

4 结果分析与讨论

我们对表 1 的测量结果进行了坡度和堆积高度指数之间的线性回归关系分析 (结果见图 3 中的 (x, y) 方程以及计算了不同植物堆积高度指数的平均值和标准偏差 (图 3, 图 4), 发现坡度和不同的植物种类对产生的植物冠层下的土壤表层堆积高度都有明显的影响。

表 1 三种植物的堆积高度指数(MHI)和坡度数据
Table 1 Data of mound height index and slope gradient

植物类型	黄菅草		大披针苔草		刺槐	
	MHI(mm)	坡度(%)	MHI(mm)	坡度(%)	MHI(mm)	坡度(%)
1	18.2	47.27	15.6	50.64	13.8	41.42
2	18.5	49.86	15.9	53.4	20.2	42.65
3	13.0	49.21	18.3	50.73	30.9	56.12
4	16.5	68.99	17.2	54.3	28.2	57.97
5	20.1	65.94	23.6	63.22	31.4	66.19
6	17.5	62.97	20.4	59.85	29.2	61.76
7	17.1	69.24	16.1	56.81	15.1	55.64
8	14.5	73.19	15.8	58.44	19.6	43.28
9	9.0	68.47	13.5	60.56	24.3	45.82
10	7.4	41.22	29.8	71.33	27.4	59.48
11	8.5	38.99	19.6	68.54	26.7	63.83
12	11.5	56.58	21.7	73.24	24.3	58.44

4.1 坡度对堆积高度指数的影响

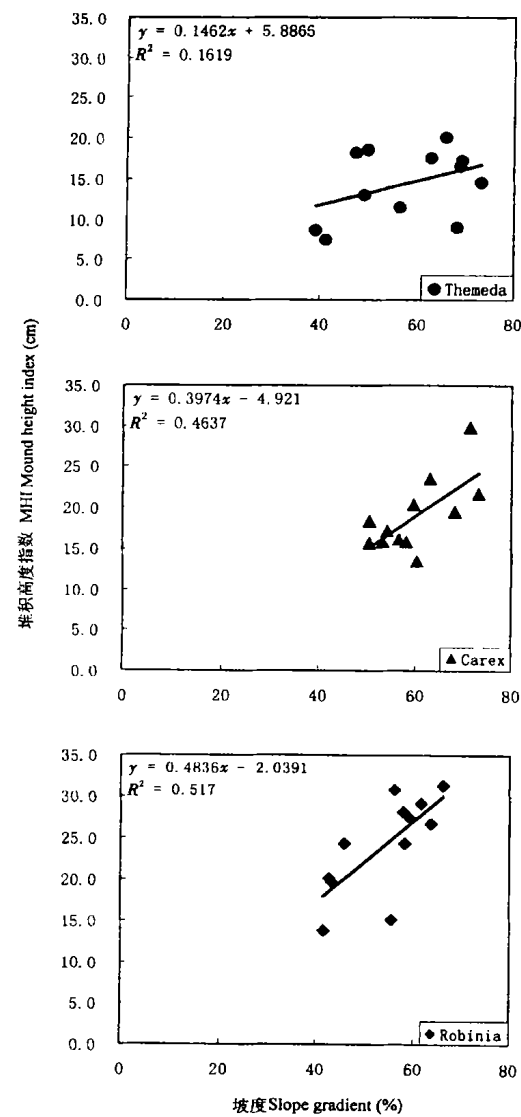


图 3 三种植物的坡度和堆积高度指数之间的线性回归关系
Fig. 3 Linear regressions showing the relationship between slope gradient and mound height index for the three species

坡度植被覆盖下的微地形堆积的相对增长有明显的影 响,从图 3 的分析结果来看,不论哪种植物类型,堆积高度指数随着坡度的增大而增加。这是因为在坡度较大的地方,土壤侵蚀强度大,为微地形发育提供了充足的物质来源,再经过植物的阻挡作用,沉积物沉积的较快,从而形成根好的微地形结构。刺槐植株下形成的微地形与坡度之间有着显著的相关关系,坡度对堆积高度指数的方差解释量 R^2 达 0.5170,大披针苔草次之, R^2 为 0.4637,而黄菅草最小, R^2 仅为 0.1619。这说明刺槐植株的保土作用很可能要大于其它两种植物,因为在相同坡度作用下(即相同的堆积土源),刺槐植株下的微地形发育比其它两种植物要好。

4.2 植物种类对堆积高度指数的影响

不论坡度大小如何,不同植物的地表微地形之间有明显的差异。如图 4 所示,刺槐的微地形结构最好(堆积平均高度为 24.3 ± 5.9 cm),在野外的采样中发现,刺槐林下的地表植被覆盖是稀疏的草类,故其微地形结构较其它两种植物好。而在两种草类植物中,大披针苔草的微地形发育比黄菅草好,其堆积平均高度为 19 ± 4.5 cm。

5 结语

在植物相间的区域,植物控制水土流失、降低土壤容重和保持沉积物的效率决定了植株冠层下土壤表面的净增长;在植物零散分布的植被中,裸露地的存在增强了植物的截留(入渗)能力。从表层土壤保持得更好的结果看,刺槐和大披针苔草有更好的改善土壤属性的能力和更好的沉积物保持力,这二者的微地形较微环境下黄菅草的更高。对这三种植物

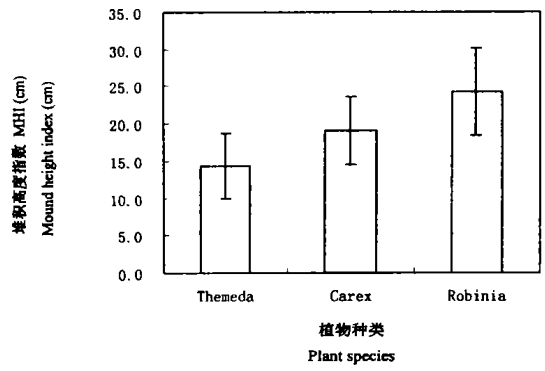


图 4 三种不同植物堆积高度指数的平均值和标准偏差

Fig. 4 Mean values and standard deviations of mound height index for the three species regardless of slope gradient

的研究发现, 在这样不利的环境条件下, 在这种意义上, 刺槐的适应能力是最强的, 因为它与较高的微地形堆积联系在一起, 从而使坡地上植物自我聚集营养更加丰富。乔木、草类结合的植被覆盖类型具有更好的水土保持效果, 可以作为黄土高原长期的水土保持方案推广。另外, 本研究仅从坡度和植物类型对微地形的影响这一角度来探讨不同植被类型的水土保持作用, 无论从理论上或是方法上都有待于进一步的探讨。

参考文献 (References):

[1] Zha Xuan and Huang Shaoyan, Effects of vegetation destruction on accelerated erosion and soil degradation processes on Loss Plateau. *J. Mountain Science*. 2001, **19**(2): 109~ 114. [查轩, 黄少燕. 植被破坏对黄土高原加速侵蚀及土壤退化过程的影响[J]. 山地学报, 2001, **19**(2): 109~ 114.]

[2] Bochet E, Poesen J, Rubio JL. Mound development as an interaction of individual plants with soil, water erosion and sedimentation processes on slopes [J] . *Earth Surf. Process. Landf or ms*. 2000. 25: 847~ 867.

[3] Bochet E, Rubio JL, Poesen J. Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semiarid climate (Valencia, Spain) . *Geomorphology*. 1998. 23: 139~ 150.

[4] Bochet E, Rubio JL, Poesen J. Modified topsoil islands within patchy M editerranean vegetation in SE Spain. *Catena*. 1999. 38: 23 ~ 44.

[5] Zhou Yue. Some understanding about soil vegetation and slope eco engineering *J. Mountain Science*, 1999, **17**(3): 224~ 229. [周跃. 土壤植被系统及其坡面生态工程意义[J]. 山地学报, 1999, **17**(3): 224~ 229.]

[6] Li Yong *et al.* Spatial patterns of soil erosion on steep cultivated hill-sloe in Loess Plateau of Northern Shaanxi. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2000, **14**(4): 17~ 21. [李勇, 等. 陕北黄土高原陡坡耕地土壤侵蚀变异的空间格局[J]. 水土保持学报, 2000, **14**(4): 17~ 21.]

Microtopographic Structures Study of Individual Plants on Loss Plateau

SONG Shu jun, LI Hu i xia and ZHANG Jia n guo

(Institute of Mountain Hazards & Environment, C A S, Chengdu, 610041 China)

Abstract: Microtopographic structures of mound associated with isolated plants on slopes reflect the complex interactions between plants, soil, erosion and sedimentation processes. In this study, the influence of three representative species of the Loss Plateau matorral on slope microtopography is analyzed and the influence of slope gradient and plant species on the shape and height of microtopographic structures is also studied. The results obtained show that slope gradient influences significantly the relative rise of microtopographic structures associated with plants, mound height index increases as the slope gradient gets steeper, and significant differences exist between species with regard to the microtopography. In this study, the Robinia pseudoacacia species under which is covered with by grasses the best adapted to retain sediment and control erosion. They could be used in afforestation programmes to combat desertification and further soil erosion control and water capture.

Key words: Loss Plateau; slope; microtopography; sedimentation; mound