

陕北黄土坡面微地形土壤物理性质研究

张宏芝, 朱清科, 王晶, 邝高明, 谢静, 赵维军

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 陕北黄土坡面由于侵蚀等原因使坡面不平整, 形成了各种微地形, 造成了土壤物理性质的差异。对黄土高原丘陵沟壑区的微地形土壤物理性质进行了调查分析。结果表明, 研究区内 5 种微地形与原状坡相比较, 塌陷、切沟、浅沟、缓台的土壤物理性状均有所提高, 而陡坎的各项性能比原状坡有所降低, 主要表现在 0—20 cm 土壤。土壤容重在 0—20 cm 由大到小的顺序为: 原状坡>陡坎>缓台>浅沟>切沟>塌陷。土壤含水量、最大持水量、田间持水量和毛管持水量表现出比较一致的变化趋势, 塌陷、缓台、切沟和浅沟这 4 种微地形孔隙度和水分状况均高于原状坡和陡坎。土壤的总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度的变化趋势和土壤持水性能的变化趋势一致。通过对 5 种微地形物理性质进行灰色关联度分析发现, 其灰色关联度由大到小的顺序为: 塌陷>切沟>浅沟>缓台>陡坎>原状坡。

关键词: 黄土坡面; 微地形; 物理性质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)06-0055-04

中图分类号: S152.5

Soil Physical Properties of Micro-topography on Loess Slope in North Shaanxi Province

ZHANG Hong-zhi, ZHU Qing-ke, WANG Jing, KUANG Gao-ming, XIE Jing, ZHAO Wei-jun

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Due to erosion and other reasons, loess slope is uneven and a variety of micro-topographies formed, which result in differences in soil physical properties in different spatial positions in Northern Shaanxi Province. This paper investigated and analyzed the soil physical properties of the micro-topographies in loess hilly-gully region. The comparison of five types of micro-topography with undisturbed slope showed that the soil physical properties of collapse, gully, ephemeral gully and platform increased to a certain degree, but decreased in scarp. This usually occurred in 0—20 cm soil layer. Soil bulk density of the 0—20 cm soil layer changed in the following order; undisturbed slope>platform>scarp>ephemeral gully>gully>collapse. Soil water content, maximum moisture capacity, field capacity and capillary moisture capacity showed relatively similar trend, higher values being recorded in collapse, platform, gully and ephemeral gully than undisturbed slope and scarp. The change of soil total porosity, capillary porosity and non-capillary porosity coincide with soil water retention. The analysis of grey correlation between the five types of micro-topography and the soil physical properties indicated that grey correlation followed an order of collapse, gully, ephemeral gully, platform, scarp, undisturbed slope.

Keywords: loess slope; micro-topography; soil physical properties

陕北黄土区土壤侵蚀是影响生态环境变化的最主要因子之一, 也是发生水土流失的内在因素, 因此其研究备受专家学者关注^[1-2]。当前, 生态恢复的主要手段是植树造林^[3-4], 而立地类型的划分对植树造林具有重要的影响, 过去研究立地类型的划分多着眼于坡面这样的尺度, 而进行植被配置时株行距都是以米为单位进行配置的, 忽略了局部小环境的差异性,

造成了植被成活率低、小老树等现象的发生。目前国内对于小尺度微地形土壤质量、植被配置等方面的研究还比较少。在已有的微地形研究中^[5-7], 对土壤水分进行研究分析的居多, 并提到了各类微地形之间的差异; 也有学者^[8-12]对土壤理化性质开展了调查研究。前人的研究中^[13-15]提出了微地形的影响, 但没有系统地地形进行微地形的划分, 本研究根据黄土

收稿日期: 2011-02-14

修回日期: 2011-03-24

资助项目: “十一五”国家科技支撑计划项目“困难立地工程造林关键技术研究”(2006BAD03A0302)

作者简介: 张宏芝(1981—), 女(汉族), 河北省保定市人, 博士研究生, 主要研究方向为生态环境地理学。E-mail: 58042765@qq.com。

通信作者: 朱清科(1956—), 男(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水土保持和林业生态工程。E-mail: xiangmb@bjfu.edu.cn。

区实际情况,对黄土区自然恢复状态下的微地形进行了划分,具体划分为浅沟、切沟、塌陷、缓台和陡坎 5 种微地形,并对不同微地形土壤的物理性质的异质性进行分析,以期对黄土区的植被恢复提供理论基础。

1 研究区概况

吴起县位于陕西省延安地区西北部,位于 $107^{\circ}38'57''-108^{\circ}32'49''E$, $36^{\circ}33'33''-37^{\circ}24'27''N$, 总面积 $3\,791.5\text{ km}^2$, 海拔 $1\,233\sim 1\,809\text{ m}$, 该地区属半干旱温带大陆性季风气候, 年平均气温 $7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。多年平均降雨量 483.4 mm , 雨季集中在 7—9 月份。该区属于黄土丘陵沟壑地貌, 主要土壤类型为黄绵土。吴起县的植被类型表现为中温带森林灌丛草原植被向草原化森林灌丛草原植被过渡特征。

2 研究方法

2.1 微地形的划分

微地形是指黄土坡面由于土壤侵蚀等作用形成的大小不等, 性状各异的局部地形。微地形造成了水热养分等条件的差异变化, 这种变化又影响着地表植被的生长, 因此, 对黄土坡面的微地形土壤物理性质进行研究, 探讨其土壤物理性质的异质性及其在进行植被配置后的变化, 对黄土高原植被恢复具有重要的意义。根据黄土区实际情况, 从小尺度入手将黄土区的地形分为浅沟、切沟、塌陷、缓台和陡坎 5 种微地形。浅沟是侵蚀沟发育的初级阶段, 其横断面为宽浅槽形, 一般深 $0.5\sim 1.0\text{ m}$, 宽 $2\sim 3\text{ m}$; 切沟是浅沟侵蚀继续发展, 横断面呈 V 字形, 在长、宽、深 3 方面的侵蚀同时进行, 不同程度地进行, 切沟深 $1\sim 10\text{ m}$, 宽 $2\sim 10\text{ m}$; 塌陷是指在切沟形成之前由于水力侵蚀和重力侵蚀的混合作用而形成凹陷状的微地形; 缓台是坡面内坡度明显小于原状坡坡面平均坡度的局部地块; 陡坎是坡面内坡度明显大于原状坡坡面平均坡度的局部地块。

2.2 采样方法

选取自然恢复的合沟流域作为研究区域, 对该区域微地形的分布进行调查, 确定半阳坡向的微地形为研究样地, 同时取与微地形相邻的原状坡为对对照样地。每个样地设置 3 个样点, 从微地形的中心部位随机取样, 开挖土壤剖面分 $0\sim 20$, $20\sim 40$ 和 $40\sim 60\text{ cm}$ 共 3 个层次采取土样, 在研究区域内共采集土壤剖面样品 48 个, 环刀取样 144 个。

2.3 土壤物理性质的测定

土壤物理性状的测定选取的指标包括容重, 最大持水量, 最小持水量, 毛管持水量, 毛管孔隙度, 非毛管孔隙度和总孔隙度。土壤含水量的测定采用烘干

法, 容重、最大持水量、最小持水量和毛管持水量的测定采用环刀法。数据分析采用灰色关联分析法对 5 种微地形进行排序分析^[16-17]。

3 结果分析

3.1 不同微地形土壤容重的差异分析

各微地形容重的测定结果详见图 1。从图 1 中可以看出, 容重的变化随着土层的加深而增加。在一定范围内, 土壤的容重越小, 表明土壤的结构性越好, 越疏松, 越有利于水气的交换, 反之则土壤结构性差, 板结, 不利于植物生长。研究区经过 11 a 的退耕自然的植被恢复后, 由于不再对土层进行耕种等操作, 同时植被的枯落物和根系对土壤的影响, 降低了 3 个土层土壤容重的差异。

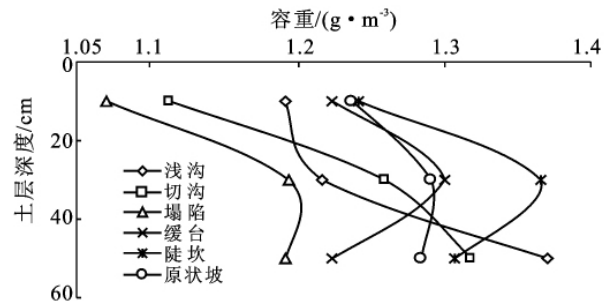


图 1 研究区不同微地形的土壤容重

5 种微地形中, $0\sim 20\text{ cm}$ 土层土壤容重从大到小的顺序为: 原状坡 $>$ 陡坎 $>$ 缓台 $>$ 浅沟 $>$ 切沟 $>$ 塌陷, 其中塌陷的容重最小, 因为塌陷地面低于周围大环境, 有利于水分的存储, 对土壤植物生长比较好, 因此对土壤性状的改变效果最显著; $20\sim 40\text{ cm}$ 土壤容重中, 只有陡坎地形的土壤容重为 1.37 , 显著高于其它微地形, 塌陷、切沟、浅沟差别不大。陡坎的坡度比较大, 水分养分存储不易, 而植物生长比较困难, 因此其容重较大; $40\sim 60\text{ cm}$ 土壤容重中, 塌陷容重为 1.19 , 显著小于其它微地形, 原因是由于塌陷的水肥条件比较好, 植物生长的比较高, 甚至出现了小灌木, 而这些植物的根系也比较深, 因此对 $40\sim 60\text{ cm}$ 土层土壤容重的改善要显著优于其它微地形。

3.2 不同微地形土壤水分含量的差异分析

不同微地形土壤水分特征详见表 1。从表 1 中可以看出, 土壤的自然含水量随着土层深度的增加而减小。在 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层中除了陡坎和浅沟低于原状坡外, 塌陷、缓台、切沟都比原状坡有所提高。含水量从大到小的顺序为: 塌陷 $>$ 缓台 $>$ 切沟 $>$ 浅沟 $>$ 原状坡 $>$ 陡坎, 塌陷最高达到 13% 。 $20\sim 40\text{ cm}$ 和 $40\sim 60\text{ cm}$ 土层土壤含水量的大小顺序与 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层一致。

0—20 cm 土层土壤最大持水量的从大到小的顺序为:塌陷>切沟>浅沟>缓台>陡坎>原状坡。田间持水量从大到小的顺序为:塌陷>缓台>切沟>浅沟>原状坡>陡坎。毛管持水量从大到小的顺序为:塌陷>切沟>缓台>浅沟>陡坎>原状坡。

0—20 cm 土层土壤中,塌陷的各种水分常数都是最高的,这说明由于塌陷这种微地形的独特性,使

水分容易存储,因此塌陷对土壤水分性质的改变最为有利,在调查中发现塌陷的植被长势均比其它地方高大,缓台的含水量也高于其它几种微地形。

20—40 cm 和 40—60 cm 土层土壤中,各微地形的水分常数变化差异不明显,这主要是因为自然恢复的条件下,主要植被是草本,根系比较浅,因此对表层土壤的改变比较明显,而对深层土壤改变较小。

表 1 研究区不同微地形土壤水分特征

项目	土层/cm	浅沟	切沟	塌陷	缓台	陡坎	原状坡
自然含水量/%	0—20	8.89	10.50	13.00	11.85	7.33	8.79
	20—40	11.34	5.08	10.92	11.68	9.07	7.63
	40—60	9.12	1.75	5.20	8.58	9.41	7.94
最大持水量/%	0—20	50.04	54.49	58.65	46.32	43.76	43.04
	20—40	41.50	41.43	41.92	37.59	37.67	43.29
	40—60	40.73	45.75	43.59	41.91	40.78	42.43
田间持水量/%	0—20	35.12	37.43	41.44	36.11	33.68	27.78
	20—40	32.70	29.84	29.71	29.90	28.46	31.23
	40—60	29.78	25.04	29.59	33.25	31.29	31.31
毛管持水量/%	0—20	39.23	45.78	51.45	41.18	39.08	37.37
	20—40	36.81	37.62	37.49	34.67	34.24	37.83
	40—60	35.26	33.08	37.38	38.15	37.26	37.68

3.3 不同微地形土壤孔隙度的差异分析

不同微地形孔隙度差异变化状况详见表 2。由表 2 可以看出,总孔隙度随着土层深入的变化趋势不明显。在 0—20 cm 土层中总孔隙度从大到小顺序依次为:塌陷>切沟>浅沟>缓台>原状坡>陡坎。除陡坎外,塌陷、缓台、切沟、浅沟这 4 种微地形的总孔隙度与原状坡相比均有所增大。其原因在于塌陷、缓台、切沟、浅沟这 4 种微地形的植被恢复状况都要优

于原状坡,因此对土壤孔隙的改善也有所提高。而陡坎则相反,20—40 cm 的总孔隙度要小于 40—60 cm 的总孔隙度,因此陡坎的土壤总孔隙度最差。

毛管孔隙度随着土层深入呈现出逐渐减小的趋势,在 0—20 cm 土层中毛管孔隙度从大到小顺序依次为:塌陷>切沟>缓台>浅沟>陡坎>原状坡。5 种微地形的毛管孔隙度与原状坡相比没有明显变化。20—40 cm 和 40—60 cm 也没有明显变化。

表 2 不同微地形孔隙度差异

项目	土层/cm	浅沟	切沟	塌陷	缓台	陡坎	原状坡
总孔隙/%	0—20	59.70	60.70	62.70	56.70	54.30	54.54
	20—40	50.50	52.20	50.10	48.90	51.50	54.20
	40—60	55.80	60.30	52.00	51.30	53.30	53.56
毛管孔隙/%	0—20	46.80	51.00	55.00	50.40	48.50	47.16
	20—40	44.80	47.40	44.80	45.10	46.80	47.48
	40—60	48.30	43.60	44.60	46.70	43.70	47.60
非毛管孔隙/%	0—20	12.90	9.70	7.70	6.30	5.80	7.38
	20—40	5.70	4.80	5.30	3.80	4.70	6.72
	40—60	7.50	6.70	7.40	4.60	4.60	5.96

非毛管孔隙度随着土层的深入呈现出逐渐减小的趋势,在 0—20 cm 土层中非毛管孔隙度的从大到小顺序依次为:浅沟>切沟>塌陷>原状坡>缓台>陡坎。塌陷、缓台、切沟和浅沟的非毛管孔隙均较原状坡有所增加,较陡坎则有所减小,原因与总孔隙度变化的原因

一致。20—40 cm 和 40—60 cm 也没有明显变化。

3.4 不同微地形土壤物理性质灰色关联度分析

由图 2 可以看出,5 种微地形与土壤物理性质因子的灰色关联度从大到小的顺序为:塌陷>切沟>浅沟>缓台>陡坎>原状坡。其中塌陷的关联度最高,

达到 88.38%，比原状坡高出了 29.82%，表明塌陷对土壤物理性质的改善效果最佳。切沟和浅沟的关联度比原状坡分别高出了 13.68% 和 12.37%，对土壤的物理性质有较好的改善。缓台的关联度比原状坡高 5.02%，土壤物理性质得到一定改善，而陡坎仅比原状坡高 0.7%，与原状坡相比基本没有变化。

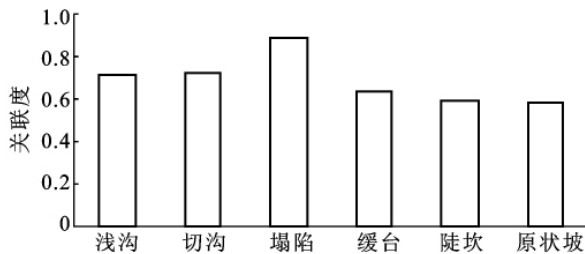


图 2 各类微地形土壤物理性质灰色关联度

4 结论

(1) 5 种微地形中, 0—20 cm 土层土壤容重从大到小的顺序为: 原状坡 > 陡坎 > 缓台 > 浅沟 > 切沟 > 塌陷; 20—40 cm 土层土壤容重中, 只有陡坎显著高于其它微地形, 塌陷、切沟、浅沟、缓台与原状坡的差别不大; 40—60 cm 土层容重中, 塌陷显著小于其它微地形。

(2) 土壤的自然含水量除了陡坎和浅沟小于原状坡外, 其它微地形均较原状坡大。0—20 cm 土层土壤中, 土壤含水量从大到小的顺序为: 塌陷 > 缓台 > 切沟 > 浅沟 > 原状坡 > 陡坎。最大持水量由大到小的顺序为: 塌陷 > 切沟 > 浅沟 > 缓台 > 陡坎 > 原状坡。田间持水量从大到小的顺序为: 塌陷 > 缓台 > 切沟 > 浅沟 > 原状坡 > 陡坎。毛管持水量从小到大的顺序为: 塌陷 > 切沟 > 缓台 > 浅沟 > 陡坎 > 原状坡。

(3) 总孔隙度随着土层深入的变化趋势不明显。在 0—20 cm 土层中总孔隙度从大到小顺序依次为: 塌陷 > 切沟 > 浅沟 > 缓台 > 原状坡 > 陡坎。毛管孔隙度随着土层深入呈现出逐渐减小的趋势, 在 0—20 cm 土层中毛管孔隙度从大到小顺序依次为: 塌陷 > 切沟 > 缓台 > 浅沟 > 陡坎 > 原状坡。5 种微地形的毛管孔隙度与原状坡相比没有明显变化。20—40 cm 和 40—60 cm 也没有明显变化。非毛管孔隙度随着土层的深入呈现出逐渐减小的趋势, 在 0—20 cm 土层中非毛管孔隙度的由大到小顺序依次为: 浅沟 > 切沟 > 塌陷 > 原状坡 > 缓台 > 陡坎。20—40 cm 和 40—60 cm 也没有明显变化。

(4) 对 5 种微地形的土壤物理性质进行灰色关联度分析发现, 5 种微地形与土壤物理性质因子的灰色关联度由大到小的顺序为: 塌陷 > 切沟 > 浅沟 > 缓

台 > 陡坎 > 原状坡, 表明塌陷地形对土壤物理性质的改善作用优于其它微地形。切沟和浅沟对土壤的物理性质均有较好的改善。缓台对土壤物理性质也有一定改善, 而陡坎地形对土壤物理性质的改善作用不大, 且会逐渐加剧水土流失。

[参 考 文 献]

- [1] 孟庆香, 刘国彬, 杨勤科. 黄土高原土壤侵蚀时空动态分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(3): 20-22.
- [2] 雷俊山, 杨勤科. 土壤因子研究综述[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 156-159.
- [3] 朱显谟. 黄土高原土壤与农业[M]. 北京: 农业出版社, 1989: 2-122.
- [4] 辛树帜, 蒋德麟. 中国水土保持概论[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 19-20.
- [5] 赵荟, 朱清科, 秦伟, 等. 黄土高原干旱阳坡微地形土壤水分特征研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 64-68.
- [6] 路保昌, 薛智德, 朱清科, 等. 干旱阳坡半阳坡微地形土壤水分分布研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(1): 62-65.
- [7] 赵荟, 朱清科, 秦伟, 等. 黄土高原沟壑区干旱阳坡的地域分异特征[J]. 地理科学进展, 2010, 29(3): 327-334.
- [8] 王克勤, 王斌瑞. 集水造林防止人工林植被土壤干化的初步研究[J]. 林业科学, 1998, 34(4): 14-21.
- [9] Taha A, Gresillon J M. Modelling the link between hill slope water movement and stream flow: Application to a small Mediterranean forest watershed[J]. J. Hydrol., 1997, 203: 11-20.
- [10] 王树力, 袁伟斌, 杨振. 镜泊湖区 4 种主要森林类型的土壤养分状况和微生物特征[J]. 水土保持学报, 2007, 21(5): 50-54.
- [11] 王旭琴, 戴伟, 夏良放, 等. 亚热带不同人工林土壤理化性质的研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(6): 56-59.
- [12] Edwarils C L, Shannon R D, Jarrett A R. Sedimentation basin retention efficiencies for sediment, nitrogen and phosphorus from simulated agricultural runoff[J]. Transactions of the ASAE, 1999, 42(2): 403-409.
- [13] 宋述军, 李辉霞, 张建国. 黄土高原坡地单株植物下的微地形研究[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 106-109.
- [14] 杨永川, 达良俊, 宋永昌, 等. 浙江天童国家森林公园微地形与植被结构的关系[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2830-2840.
- [15] 李艳梅, 王克勤, 刘芝芹, 等. 云南干热河谷微地形改造对土壤水分动态的影响[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(3): 259-265.
- [16] 蒋文伟, 俞益武. 湖州主要森林类型土壤肥力的灰色关联度分析与评价[J]. 生态学杂志, 2002, 21(4): 18-21.
- [17] 石国进, 吴丹雯, 樊冰. 灰色关联投影法及其在多目标评价中的应用[J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2002, 24(5): 97-103.