

交通对干草原土壤物理性质影响的试验研究*

胡 霞 刘连友[†] 孙永亮 王 志 宋 阳 刘目兴 王 蕾

(北京师范大学资源学院, 北京 100875)

摘 要 通过野外模拟实验, 测定不同车速条件下草原交通便道相对起尘量, 同时测定交通工具对草原土体结构的破坏, 研究交通工具对干草原土壤物理性质的影响。研究结果表明, 随着车速的增加, 道路相对起尘量逐渐增加, 且相对起尘量与车速之间呈现二次函数关系; 在车轮的碾压作用下, 土壤结构遭到破坏并形成直径在 0.063~1.0 mm 之间的颗粒, 随着碾压次数的增加, 破碎颗粒的直径基本上都集中在 0.125~0.18 mm 之间, 且破碎土体总量也呈现增加趋势; 车轮的碾压会导致土壤表面抗压强度增加, 同时也使得土壤容重呈现增加趋势。

关键词 草原交通便道; 土壤结构; 起尘量; 风蚀

中图分类号 S157.1 **文献标识码** A

我国是世界上草地资源最丰富的国家之一, 草地面积 392.8 万 km², 约占国土面积的 41%, (资料, 1994)。随着人口的增长, 社会经济压力的增大, 对草地利用强度不断增加, 导致草地生态系统失调, 土壤风蚀、沙化加强, 荒漠化面积不断扩大。如内蒙古草地面积 7 880 万 hm², 其中草地风蚀面积达到 5 949 万 hm², 占全盟草地总面积的 75.49%。草原土壤沙化是在人为因素和自然因素叠加作用下的结果, 在成因、发生过程和表现方式上都比较复杂, 目前研究较多的是开垦和放牧对草原土壤、植被的影响^[1, 2]。

在我国干草原地区, 受各种交通工具常年作用, 草地植被和土壤结构遭到破坏, 表土裸露并形成风蚀粒子^[3], 在强风作用下发生风蚀, 风蚀的不断发生导致路面逐渐降低, 降低的土壤表面在车轮作用以及冬春季的强风作用下进一步遭到破碎, 土粒变细, 在风力的吹蚀作用下一层一层剥蚀掉, 这种脆弱的地表状况随着交通工具的增加而导致风蚀沙化程度增强, 在干草原地区, 交通工具对草地破坏是草场沙化的诱发因素之一^[4], 由交通工具所引起的土地沙化面积正在逐渐扩大^[5, 6]。目前国内外对此研究仅仅停留在定性描述的基础上, 定量研究较少^[7~11]。交通工具对草地土壤性质的影响是干草原

地区草地退化研究中的一个重要问题, 定量研究人类活动对它的影响, 有助于了解草地土壤退化的过程与特征, 因此野外实地定量研究交通工具对土壤的影响特征很有必要。本研究试图在前人研究基础上, 定量研究交通工具对草原土壤物理性质的影响。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区自然概况

研究区位于内蒙古灰腾梁白音库伦境内, 地处内蒙古乌兰察布盟中西部阴山山脉东端, 位于资县、察右中旗、察右后旗县交界处。该地区地势平缓, 形似台地, 梁上分布着多处季节性或常年积水的诺尔(湖)。平均海拔 2 000 m, 最高峰海拔 2 118 m。气候偏寒, 年平均气温 1~2 °C, ≥10 °C 的年积温 1 700~1 900 °C, 无霜期 80~90 d。年均降水量 400 mm 左右, 蒸发量小于 2 000 mm。土壤类型为草甸土, 草地类型为山地草甸草原。该地区交通落后, 在没有建筑道路的地方, 也没有固定路径, 而是沿平坦地形随意行走, 受各种交通工具常年的作用, 草地植被和土壤结构遭到破坏并形成易风蚀粒子, 受强风作用后表土风蚀严重(图 1)。

* 国家自然科学基金项目“风沙流对工程材料磨蚀的实验研究”(40471014)、中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金“人类活动对干草原土壤退化的影响机理”以及中意合作项目“新技术方法在荒漠化防治中的应用”(2003DF000005)资助

[†] 通讯作者, E-mail: lyliu@ires.cn

作者简介: 胡 霞(1978~), 女, 江苏淮安人, 北京师范大学资源学院博士研究生, 主要从事土壤风蚀以及水蚀研究。E-mail: hx9210@



图1 白音库仑交通引起的草地风蚀现象

Fig. 1 Phenomena of wind erosion caused by traffic

1.2 研究方法

选择典型草原交通便道作为观测点,同时以草地作为对照点。

(1) 相对起尘量观测。观测时间为2004年10月初,距测点附近约50 cm处平行放置20个收集盆,交通工具为国产金杯车,车速设置为20、30、40、50 km h⁻¹,收集不同车速条件下典型草原交通便道的相对起尘量,尘样收集后烘干称重。每个处理设置5个重复。

(2) 交通工具引起的土壤结构体的破坏。实验前用标准抗压强度计测量地表抗压强度,然后设置连续的7个30 cm × 100 cm小区,交通工具为国产金杯车,车速设置为20 km h⁻¹,碾压次数分别为0、5、10、15、20、25、30次,收集不同碾压次数所产生破碎土样,土样收集后烘干称重,然后用干筛法测定土样的颗粒组成。同时测量碾压后地表抗压强度。每个处理设置5个重复。

(3) 选取3个因交通形成的不同退化程度的草地,分别代表严重风蚀地、较严重风蚀地,新压路,这三种强度以路面降低程度为标准。测量它们的抗压强度、容重。测量深度为0~5 cm,同时设置3个重复,抗压强度测定100个有效数据。

(4) 粗糙度测定。选取典型位置,用手持风速仪同时测量高度2 m和50 cm风速,测量10组有效数字。

2 结果与讨论

2.1 交通工具对草地土壤风蚀的影响

2.1.1 交通工具引起的道路相对起尘量 表1为不同车速条件下草原交通便道的相对起尘量。从

表1 不同车速条件下道路起尘量

Table 1 Effect of vehicle speed on road dust emission

车速 Velocity of vehicle (km h ⁻¹)	起尘量 Dusting rate (g m ⁻²)
20	0.47
30	0.51
40	1.39
50	1.59

表中可以看出,随着车速的增加,道路的相对起尘量也呈现增大趋势。且在该条件下相对起尘量与车速之间遵循以下关系:

$$Q = 0.04V^2 + 0.22V + 0.14 \quad (r = 0.94) \quad (1)$$

式中, Q 为交通工具导致草原便道相对起尘量, V 为交通工具行使速度。从式1可以看出,道路起尘量与车速间呈二次函数关系,且随车速的增加呈显著增加关系。

2.1.2 交通工具引起的风蚀参数的变化 表2为草原交通便道以及草地土壤表面粗糙度。从图上可以看出,交通便道的粗糙度明显小于草地,这是因为,在交通工具的车轮不断碾压作用下,草地植被开始被破坏,表土失去植被保护且结构遭到破坏后,表土完全裸露,在车轮的继续作用下,表面越来越光滑,因此,导致草原交通便道的风蚀参数明显减小,为风蚀的继续发生提供了条件。

表2 交通对地表粗糙度的影响

Table 2 Effect of traffic on degree of roughness

不同地表 Different surfaces	粗糙度 Degree of roughness (cm)
草地 Grassland	0.012
交通便道 Traffic road	0.009

2.2 交通工具对草原土壤结构的破坏

图2 为不同碾压次数交通工具所导致的破碎土体总量。从图 2 可以看出随着碾压次数的增加, 破

碎土体量呈现增大趋势。且在该条件下破碎土体量与碾压次数之间遵循以下关系:

$$Q = 15.27C^2 - 52.15C + 108.5 \quad (r = 0.97) \quad (2)$$

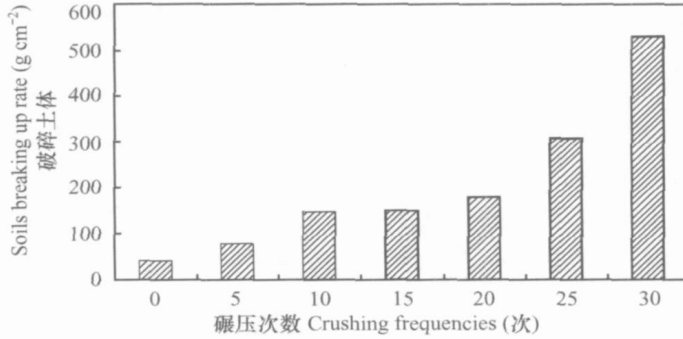


图 2 不同碾压次数条件下破碎土体总量

Fig. 2 Amount of soils broken by vehicle crushing frequencies

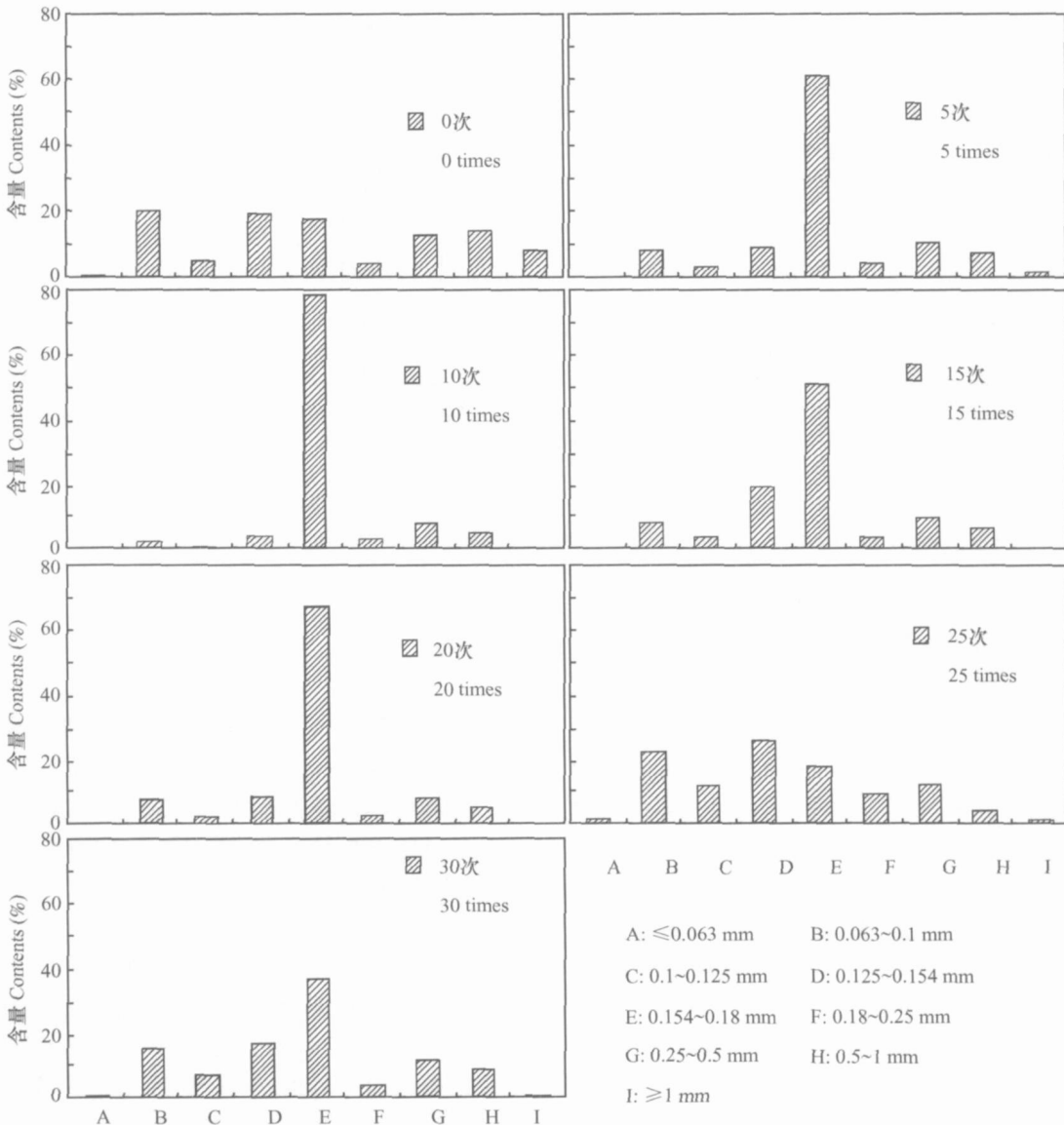


图 3 不同碾压次数条件下破碎土体粒径分布

Fig. 3 Particle size distribution in soil mass broken by vehicle crushing frequencies

其中, Q 为交通工具导致破碎土体量, C 为交通工具对土壤的碾压次数。从式(2)可以看出, 破碎土体量与碾压次数间呈二次函数关系, 且随碾压次数的增加呈显著增加。

图3为不同碾压次数条件下交通工具所引起的道路破碎土体的颗粒组成百分含量。可以看出, 在交通工具的作用下, 土壤结构遭到破坏并形成粒子的直径在0.063~1.0 mm之间; 在碾压次数较低的情况下, 破碎颗粒的直径分布不均匀; 随着碾压次数的增加, 即5~20次之间, 破碎粒子的直径基本上都集中在0.125~0.18 mm之间; 随着碾压次数的继续增加, 破碎粒子的直径又开始趋向分布均匀。这是因为, 在碾压次数较低的条件, 表面一些大的团聚体以及土块被碾碎, 使得土粒分布不均匀, 当这些颗粒在车轮的继续碾压下, 一些较大团聚体也会被碾

碎, 使之分解为细颗粒或更小颗粒, 从而导致土粒分布趋向均匀。因此, 在交通工具作用下, 土壤结构会被破坏, 形成一些易风蚀颗粒, 这些颗粒在强风作用下会进一步遭到破坏, 而且在强风的吹蚀作用下一层一层剥蚀掉, 导致草原土壤风蚀更加严重。

图4为不同风蚀梯度草原交通便道以及实验前后土壤表面抗压强度。从图中可以看出, 随着风蚀强度的增加, 土壤表面的抗压强度逐渐增加, 而且实验前后土壤表面的抗压强度出现明显差异。这是因为草原交通便道风蚀是风力与交通工具共同作用的结果。表层植被在交通工具作用下遭到破坏, 表土失去植被保护且结构遭到破坏后, 表土裸露; 裸露的表土在交通工具的不断压实作用下, 土壤结构越来越紧实, 因此, 抗压强度会呈现增加的趋势。同样, 实验前后的土壤在车轮的碾压作用下也会导致土壤表面抗压强度也会相应增加。

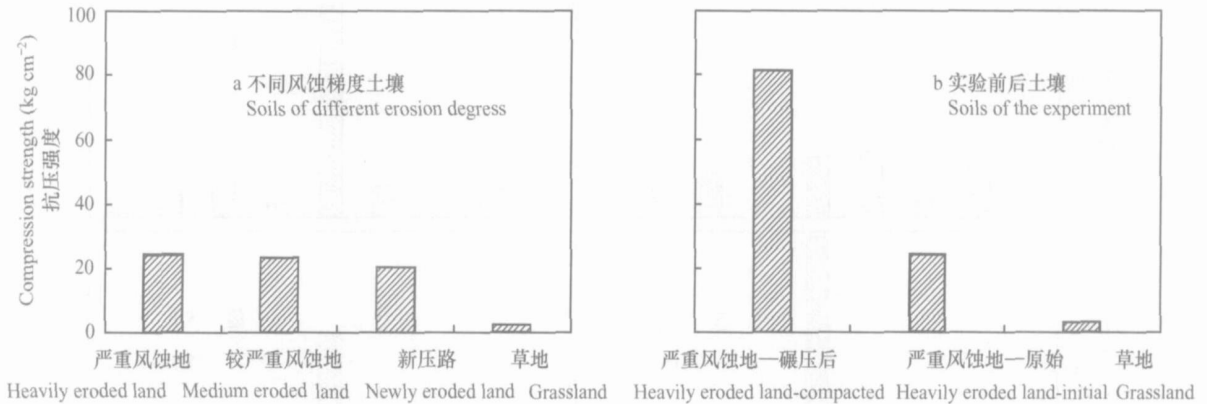


图4 不同风蚀梯度土壤以及实验前后土壤表面抗压强度

Fig. 4 Compression strength of soils subject to different degrees of wind erosion due to traffic and soils of the experiments

2.3 交通工具对草原土壤容重的影响

表3为不同风蚀梯度草原交通便道土壤表面0~5 cm容重变化。从表上可以看出, 随着风蚀梯度的增加, 土壤表面0~5 cm容重呈现增加趋势。这是因为, 整个路面的降低是风力与交通工具共同作用的结果, 在交通工具的继续压实作用, 土壤结构变得更加紧实, 从而导致土壤容重逐渐增加。

表3 不同风蚀梯度土壤容重

Table 3 Bulk density of soils different in erosion degree

不同地表 Different surfaces	容重 Bulk density (g cm^{-3})
严重风蚀地 Heavily eroded land	1.69
较严重风蚀地 Medium eroded land	1.61
新压路 Newly eroded land	1.57
草地 Grassland	1.57

3 结 论

本研究揭示了干草原地区交通工具对草原土壤物理性质的影响。在交通工具的作用下, 土壤结构首先被破坏, 形成风蚀粒子直径在0.063~1.0 mm之间, 且随着车轮对土壤碾压次数的增加, 破碎土体量呈现增加趋势, 并且形成颗粒直径在0.125~0.18 mm之间。车速是影响交通风蚀的一个重要参数, 随着车速的增加, 道路起尘量呈现增加趋势, 且道路起尘量与车速之间呈二次函数关系。在车轮对土壤表面不断压实的作用下, 会导致土壤表面的抗压强度、容重增加。因此, 本研究有助于了解草原交通风蚀特征、车速对道路起尘量的影响以及交通工具所引起的土壤结构体的变化等, 对深入了解交通工具

对草原的破坏作用具有重要的理论和实践意义。

参考文献

- [1] 苏永中, 赵哈林, 文海燕. 退化沙质草地开垦和封育对土壤理化性状的影响. 水土保持学报, 2002, 16(4): 5~ 8. Su Y Z, Zhao H L, Wen H Y. Cultivation and enclosure effects on soil physicochemical properties of degraded sandy grassland (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 16(4): 5~ 8
- [2] 苏永中, 赵哈林. 持续放牧和围封对科尔沁退化草地碳截存的影响研究. 环境科学, 2003, 24(4): 23~ 28. Su Y Z, Zhao H L. Influence of grazing and enclosure on carbon sequestration in degraded sandy grassland, Inner Mongolia, North China (In Chinese). Environmental Science, 2003, 24(4): 23~ 28
- [3] 朱震达, 吴正, 刘恕. 中国沙漠概论. 北京: 科学出版社, 1980. 20~ 21. Zhu Z D, Wu Z, Liu S. Introduce of Desert in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 1980. 20~ 21
- [4] Chen Z G, Zhu Z D. Development of land desertification in Bashang area in the past 20 years. Journal of Geographical Sciences, 2001, 11(4): 433~ 437
- [5] 海春兴, 赵焯, 马礼. 中国北方农牧交错区夏季土壤风蚀研究. 干旱区资源与环境, 2002, 16(2): 6~ 9. Hai C X, Zhao Y, Ma L. Studies on the wind erosion on farming-pastoral zone of northern China in summer (In Chinese). Journal of Arid Resources and Environments, 2002, 16(2): 6~ 9
- [6] Elyemezian V, Kuhns H, Gillies J. Vehicle-based road dust emission measurement I. Methods and calibration. Atmospheric Environment, 2003, 37: 4 559~ 4 571
- [7] Kuhns H, Elyemezian V, Green M. Vehicle-based road dust emission measurement II. Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM₁₀ emission potentials from paved and unpaved roads. Atmospheric Environment, 2003, 37: 4 573~ 4 582
- [8] Elyemezian V, Kuhns H, Gillies J. Vehicle-based road dust emission measurement III. Effect of speed, traffic volume, location, and season on PM₁₀ road dust emissions in the Treasure Valley, ID. Atmospheric Environment. 2003, 37: 4 583~ 4 593
- [9] 胡雪峰, 鹿化煜. 黄土高原古土壤成土过程的特异性及发生学意义. 土壤学报, 2004, 41(5): 669~ 675. Hu X F, Lu H Y. Peculiarities in soil-forming processes of paleosols in the loess plateau and their pedogenic implication (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(5): 669~ 675
- [10] 刘良梧, 周健民, 刘多森. 农牧交错带不同利用方式下草原土壤的变化. 土壤, 1998, 30(5): 225~ 229. Liu L W, Zhou J M, Liu D S. Soil changes under different land use patterns in agropastoral grassland region (In Chinese). Soils, 1998, 30(5): 225~ 229
- [11] Liu G C, Tian G L, Shu D C. Streamflow and soil moisture of agroforestry and grass watershed in hilly area. Pedosphere, 2004, 14(2): 263~ 268

IMPACT OF TRAFFIC ON PHYSICAL PROPERTIES OF ARID GRASSLAND SOILS

Hu Xia Liu Lianyou[†] Sun Yongliang Wang Zhi Song Yang Liu Muxing Wang Lei

(College of Resources Science & Technology, Beijing Normal University, Beijing 100785, China)

Abstract Effects of traffic on soil properties are poorly understood, and very few methods are available for measurement of these effects. In this paper, dusting rate under vehicles different in velocity and destruction of structures of the soils were measured to explore impact of traffic on physical properties of soils of arid grasslands. Experiments were conducted with vehicle simulation under field conditions. These experiments involve four velocities ($V=20, 30, 40, \text{ and } 50 \text{ km h}^{-1}$), seven frequencies of crushing (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 times) and four soil surfaces (heavily eroded land, medium eroded land, newly eroded land and grassland). The results indicate that under the impact of wheels, soil structures would be destroyed forming soils particles 0.063~ 1.0 mm in size in the soil surface. With frequent crushing of wheels, soil particle sizes would vary in the range of 0.125~ 0.18 mm, and the amount of broken soil mass would increase. Also, the dusting rate would increase with the velocity of the vehicles, showing a quadratic function relationship. Moreover, vehicles could affect bulk density and compression strength of the soils, and they would increase with frequency of the compaction of wheels.

Key words Traffic roads in grassland; Soil structure; Dusting rate; Wind erosion