

长白山道路对周边植物及土壤的影响

孙 超^{1,2}, 金永焕¹, 陆秀君²

(1. 中国科学院 沈阳应用生态研究所 辽宁 沈阳 110016; 2. 沈阳农业大学 林学院 辽宁 沈阳 110866)

摘 要: 对长白山内 2 条相邻道路周围的植物和土壤进行了调查分析, 在道路两侧设置垂直于道路的样地, 分别计算距离道路不同距离样带内草本植物 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数。结果表明: 在距路边 5 m 的影响范围内, 植被表现出一定的边缘正效应; 并对样带内土壤进行理化性质分析, 铅含量与有机质呈显著正相关, 与土壤 pH 呈显著负相关; 边缘土壤氮含量和 pH 值较高, 反应了道路对植被—土壤系统的影响因素主要来自汽车尾气, 以及道路修建; 同时也受到道路修筑时材料堆积和人为践踏等对原有植被及其基质破坏产生的影响, 道路使用年限也对两侧植物以及土壤造成一定影响。

关键词: 长白山道路; 植物多样性指数; 土壤性质; 影响因素

中图分类号: TU 985.18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)13-0091-04

20 世纪初期 侵蚀、沉积物搬运、排水不畅和泥泞的道路构成了北美日常生活的中心部分。法国人在 19 世纪就开展了对道路表面设计的系统研究。20 世纪 30 年代, 许多景观道路和园林式道路被建造了出来, 纽约地区的园林道路网将旅行、上下班和欣赏自然美景以及娱乐结合了起来^[1]。20 世纪 60 年代, 在法国蔓延的道路建设与法国的捕猎者之间产生了冲突。于是达成了最早的协定, 规定建造狩猎桥, 可以让被捕猎的动物穿过高速公路^[1]。20 世纪 70 年代, 社会中环境意识达到了高潮, 若千个工业化国家把大气污染作为道路生态学的一个新出现的内容, 交通运输所起的主要作用, 特别是车辆排放变得更为清晰。20 世纪 80 年代, 道路生态学的研究领域被进一步拓宽, 几个欧洲国家已经在道路、汽车和野生动物的相互关系方面解决问题, 出现了大批对两栖类与道路的研究项目, 并建了成百上千的两栖类通道^[1]。20 世纪 90 年代, 道路生态学的研究重点转移到道路的生态学影响等的相关领域, 包括生态学的影响范围、类型及其形态、格局等^[2]。大量研究表明, 道路对周边动植物等生物因子及其周围环境中的土壤、水分和空气成分等生态因子的影响范围各不相同^[3]。由于长白山旅游业的迅速发展, 在道路的建设和运营过程中, 不可避免的带来环境污染、景观破坏等相关生态学问题^[4]。道路产生交通干扰, 改变微环境, 使部分当地物

种受到胁迫, 并为某些植物的扩散提供途径, 由于道路产生的特殊边缘生境决定了路旁的植物种组成、类型以及丰富度等各种植被特征明显不同于其它各处^[5]。国外一些相关研究是比较细致的。路旁往往是外来植物入侵、生长的首选地点, 外来植物常与当地种进行竞争并威胁当地种, 路旁植被中外来物种的分布格局受到道路特征的影响, 例如道路利用程度、光照条件等^[5]。近些年, 相对于道路对其它方面影响的研究来讲, 有关道路对植被影响的研究不是很多, 许多都是在探讨道路对生态环境的影响中简单提到了对植被的影响, 并不是具体深入的研究。道路拓展和延伸, 释放矿物质和污染物等, 改变微环境并干扰了路边植物的生长。施工中的废渣、沥青的熬炼对附近的植被可造成严重伤害甚至死亡^[6]。道路生态学是当代景观生态学的最新研究领域, 它作为一门新兴的边缘学科, 具有重要的发展前景, 同时也面临着许多机遇和挑战。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

长白山自然保护区位于 41°58' ~ 42°06' N, 127°54' ~ 128°08' E 范围内, 总面积为 196 465 hm²。由于特殊的自然条件及历史社会原因, 使得长白山成为我国乃至全球自然生态系统保存最为完整的地区之一, 1980 年加入联合国教科文组织“人与生物圈”保护区网。现选取白山—双目峰路段(I号道路)和双目峰—老黄松浦岔路路段(II号道路), 2 条相邻道路进行比较。I号道路 2000 年修建, 周边属于针叶林林地类型, 并且该条道路是长白山景点之一冰水泉的必经之路。II号道路 2007 年修建, 周边也属于针叶林林地类型, 原来用于运输木材, 现已

第一作者简介: 孙超(1984), 女, 哈尔滨人, 在读硕士, 现主要从事道路生态学研究工作。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30670389)。

收稿日期: 2010-03-19

用于旅游。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置及调查 针对所选取的 2 条道路周围的植物进行多样性调查。样地设置方法: 在道路旁设置宽 10 m、长 48 m 的样地, 样地以道路边缘(即林缘)处为起始点, 沿垂直于道路的方向向林内设置, 形成 0~4、4~8、8~12、12~16、16~20、20~24、24~30、30~36、36~42、42~48 m 共 10 个连续样条。在每个样条内平行于道路的方向上, 分别在中央和前后设置 3 个 1 m×1 m 的草本小样方, 调查每个样方内草本植物的种类、均高、株数及盖度 4 种指标, 野外调查工作于 2008 年 7 月完成。土壤样品的采集, 在设置的样带内, 从道边的样带开始, 每隔 1 条样带进行取样, 每个样带内也采取中央和前后取 3 份土壤, 然后将 3 份混合。经自然风干后, 挑去残根和石块, 磨碎, 过 100 目筛, 装袋备测。

1.2.2 分析方法 依据沿道路所选样地内草本层的重要值来计算 Shannon-Wiener、Pielou 均匀度指数等多样性指数, 计算结果作为植物群落变化的测度指标, 并分析距离道路远近植被多样性的差异。并结合土壤含氮量、有机质、pH、铅含量的变化规律, 分析不同道路利用程度对周边植被—土壤系统的综合影响以及各指标之间关系。方法如下^[7]: 重要值(草本): $P_i = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3$; Shannon-Wiener 多样性指数:

$H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$; Pielou 均匀度指数: $E = H / \ln S$; P_i 为重要值, S 为样地中物种数目。土壤氮含量测定: 半微量凯氏定氮法; 土壤有机质测定: 重铬酸钾容量法—外加热法; 土壤 pH 值测定: HI98128 型 pH/温度微电脑测试笔测定; 土壤铅含量测定: 氢氟酸—硝酸—高氯酸消解 ICP-MS 电感耦合等离子体光谱仪。

2 结果与分析

2.1 不同道路植物多样性指数变化差异

2.1.1 公路影响区域草本层多样性变化 从图 1 可看出, 2 条道路样地, 从道路边缘到林内的群落组织结构都出现一定变化, 有边缘高峰, 路边植物 Shannon-Wiener 指数较高, 之后的 5~6 m 下降, II 号道路样地变化幅度更大, 其原因主要是由边缘引起的物理环境的改变, 边缘的产生会使光照增加, 从而促进植物的生长^[9]。可以看出在道边和林内都有边缘效应的高峰, 林内某位置形成边缘内部的生态交错带, 因此, 道路产生的边缘效应随距离变化并非单调的增减。从图 2 可看出, I 号道路样地随距离的增加, 草本均匀度指数变化比较平稳, 草本植物少数种占优势的现象很少, 属于多种草本植物以差异不明显的多度比例而共存的情况^[10]。II 号道路样地 5 m 处出现最低点, 其余处均匀度差别不大, 其原因样地

内出现植被稀少的空地, 人为践踏或修路时造成。有研究表明, 林内路旁植物丰富度指数、多样性指数和相对多度都与距离道路的远近密切相关。森林道路对边缘植物群落物种多样性指数的影响只深入到距离道路 5 m 的群落内^[8], 从图 2 中也证实了道路边缘的影响范围在 5 m 左右。

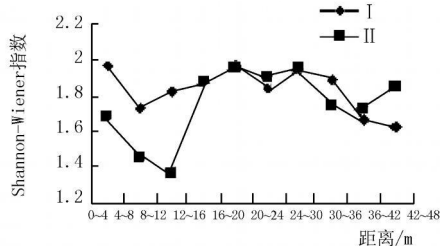


图 1 Shannon-Wiener 指数随距离的变化

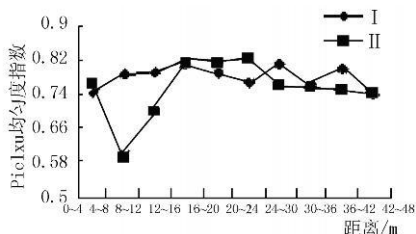


图 2 均匀度指数随距离的变化

2.1.2 公路影响域草本层多样性变化 由表 1 可看出, 分布在道路边缘的草本植物主要属于以上植物科目, I 号道路样地中蔷薇科和玄参科的草本植物相对多度较高, II 号道路样地的莎草科植物相对多度较高。所分布的蔷薇科草本植物主要为东方草莓, 玄参科植物为山萝花, 莎草科植物有裂夫茅和藎草。而相对多度较小的豆科植物, 只在 I 号道路样地边缘分布, 林内没有出现。并且 I 号道路样地边缘出现的草本植物物种数占样地总物种数的 14/25; II 号道路样地边缘出现的草本植物物种数占样地总物种数的 9/23, 可见道路的利用率高, 车辆的通过不仅会带来一些物种, 使植物的更新程度增加, 也会一定程度上带来人为的负面影响, 破坏了植物的更新速度与生长状况。

2.2 公路影响域土壤分析

对与道路不同距离的各样带内土壤含氮量和有机质进行分析, 由图 3、4 可看出, 氮含量与有机质呈正相关, II 号道路样地中二者相关性表现得尤为明显。边缘处含量较低, 随后在 28~40 m 处氮含量和有机质都处于高值。I 号道路样地道路边缘氮含量出现峰值, 之后与土壤有机质也表现为正相关。可见, 在道路的施工过程中, 工地填料可能会在化学性能上, 使路旁与林内土壤养分产生很大的区别。

表 1 道路边缘草本科目及相对多度

科目	I号道路样地/ %	II号道路样地/ %
堇菜科	0.71	0.1
菊科	1.06	0.05
柳叶菜科	0.18	0.05
蔷薇科	6.55	0.36
莎草科	1.59	2.31
玄参科	8.85	0.41
百合科		0.31
蕨科		0.15
禾本科	3.19	
豆科	0.18	
伞形科	0.18	

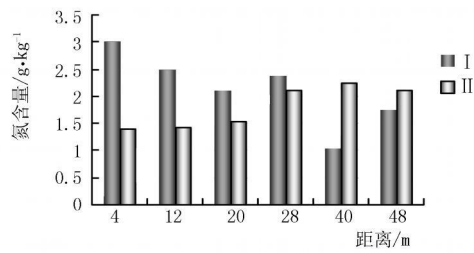


图 3 土壤氮含量随距离的变化

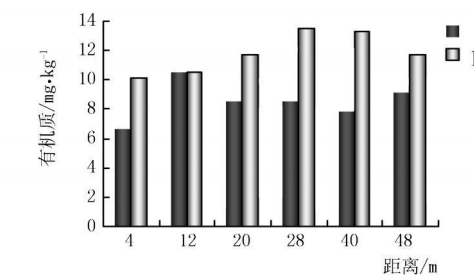


图 4 土壤有机质随距离的变化

土壤 pH 值对所在地段的生物生长起着极为重要的作用,可直接作用于土壤中元素的各形态转换,影响元素对植物的有效性。从图 5 可看出,2 条道路的边缘土壤 pH 都比林内的土壤 pH 高,一般道路两侧的土壤由于受到汽车尾气的影响,氮氧化物气体的排放,溶于土壤会降低 pH,而调查结果显示,道边土壤的 pH 反而高。分析原因,其一,可能是修路对土壤原有分层的破坏,即将底层土翻到表层;其二,可能与降水时道路流水的冲刷有关,高强度和高频度的降水能带走大量的酸性离子,从而使边缘土壤 pH 略高^[1]; 其三是施工过程中,石灰岩质的填料融入周边样地土壤中。车辆是道路对周边影响的主要因素,汽车尾气、轮胎磨损的粉尘,都会对土壤产生影响。铅含量是非常重要的指标,由图 6 可看出,道路边缘的铅含量低于林内铅含量,道路沿线风扩散是一个由空气流扩散物质的过程,如车辆引起的空气漩涡气流,造成一定的扩散距离^[1],并且可以看出扩散距离在 10 m 左右。

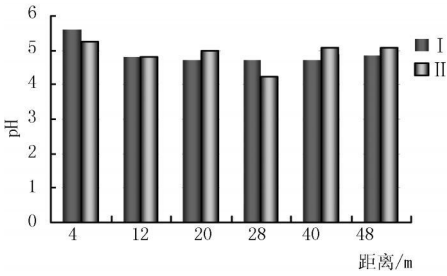


图 5 土壤 pH 随距离的变化

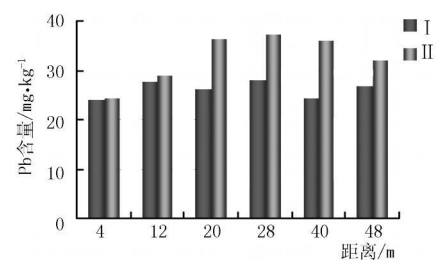


图 6 土壤 Pb 随距离的变化

3 结论与讨论

3.1 道路对植物多样性的影响

道路对周围生境的影响并不仅仅局限在道路的边缘,是多方面的,但是边缘效应往往是最显著的^[13],道路的建设,将原本大的生境分割成 2 块甚至更多块的小生境,改变了道路附近的微气候,随着车辆的运行,也容易带来一些外来物种或者更有利于一些物种的扩散^[13]。在道路运营过程中产生的空气和水等污染,抑制植物的光合作用和呼吸作用,对植物的正常生长产生极大的综合性危害,而这些影响是长期的,扩散性的^[14]。通过分析距离道路远近植物多样性指数,发现道路对边缘植物群落物种多样性指数的影响只深入到距离道路 5 m 的群落内,林内部分影响不大。边缘群落内植物多样性和均匀度指数都较高,主要是由于靠近道路,空间开阔,可以减少对环境的竞争^[11]。I 号道路 2000 年修建,施工所带来的破坏,经过几年森林的自我修复,没有明显的痕迹,主要表现在长白山旅游的发展,游人增多,车辆不断通行所带来的影响,表现出了一定的边缘效应以及道路对植被有匀质化的作用。II 号道路 2007 年刚刚修建,施工过程中实施挖掘土壤、砍伐植被,施工材料占地,人为践踏等一系列破坏活动,也因此 4 ~6 m 范围内形成了空旷地带,在一定程度上对草本植物产生了破坏,在这范围内植物多样性和均匀度都很低。因此,道路修建年限的不同也会产生不同的研究结果。

3.2 道路对土壤的影响

道路的扩建、改建,不同程度上影响着植物群落的片段化,也演变成小尺度的版块之间的边缘效应,车辆

的运行以及汽车尾气排放的氮氧化物,导致富营养化作用下植物种的竞争能力发生改变,加之人为活动,对土壤性质也造成一定的影响。I号道路在长白山景点之一冰水泉附近,车辆和游人数量很多,并且调查时道路边缘有很多垃圾,汽车尾气和人为活动所造成的污染导致路边的氮含量明显高于林内,这种污染可以影响道路周边植物物种的构成,因污染而产生大量额外的氮,也会刺激某些物种的生长及其优势,但是在较窄,车流量小的道路要轻微一些;II号道路刚刚修建,并且没有在景点附近,车流量不大。由此可以看出,I号道路对周边植被—土壤的影响高于II号道路对其的影响。试验结果表明,铅含量与有机质呈显著正相关,与土壤 pH 呈显著负相关,表明土壤有机质含量越高,质地也越粘重,铅含量越高^[13],铅元素不易淋失,土壤对铅起了一种富集作用。土壤 pH 值易受环境因子的影响^[11],出现的差异可以认为是由于道路修建引起的,反映出土壤 pH 值对道路干扰的影响是比较敏感的。总体来说,道路的修建对森林植物以及土壤产生了一定的影响,未来这方面需要更全面深入的研究,完整地了解到道路对森林群落的影响,减少道路引发的负效应,对长白山道路的合理修建和规划有重要的意义。

参考文献

- [1] Forman R T. Road Ecology Science and Solutions [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [2] Spellerberg. Ecological effects of roads and traffic: a literature review

- [3] J. Global Ecology and Biogeography Letters, 1998(7): 317-333.
- [3] Saunderson S C. Effects of roads of landscape structure within nested ecological Units of the Northern Great Lakes Region [J]. Conserv Biol, 2002, 10(3): 209-225.
- [4] 刘世梁. 道路对景观的影响及其生态风险评价[J]. 生态学杂志, 2005, 24(8): 897-901.
- [5] 丁宏. 道路的生态学影响域范围研究进展[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(6): 810-816.
- [6] 包薇红, 范兢. 浅谈公路建设对生态环境的影响[J]. 交通环保, 2000, 21(3): 42-44.
- [7] 赵淑清, 方精云. 长白山北坡植物群落组成、结构及物种多样性的垂直分布[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 164-173.
- [8] Watkins R Z. Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape [J]. Conservation Biology, 2003, 17: 411-419.
- [9] Chen J, Franklin J F. Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests [J]. Ecological Applications, 1992(2): 387-396.
- [10] 郝占庆, 郭水良. 长白山北坡草本植物分布与环境关系的典范对应分析[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2000-2008.
- [11] 周婷. 鼎湖山森林道路边缘效应[J]. 生态学报, 2009, 28(3): 433-437.
- [12] 王乾. 道路对若尔盖高寒草地植被的影响研究[J]. 世界科技研究与发展, 2007, 29(3): 54-61.
- [13] 尹忠东, 李一为, 辜再元, 等. 论道路建设的生态环境影响与生态道路建设[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 161-164.
- [14] 章家恩, 徐琪. 道路的生态学影响及其生态建设[J]. 生态学杂志, 1995, 14(6): 74-77.
- [15] 白军红. 长白山国家级自然保护区垂直带土壤—植物系统中 Pb 的变异特征及其影响因素[J]. 土壤, 2003, 35(5): 419-423.

Changbai Mountain Road on the Impact of the Surrounding Vegetation and Soil

SUN Chao^{1,2}, JIN Yong-huan¹, LU Xiu-jun²

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016; 2. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: In this paper, for the roads around plants and soil were investigated and analyzed within two adjacent roads around the Changbai mountains, set plots which perpendicular to the road on both sides, and calculate Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index within the herb transect at different distances from the road. The results showed that within the 5 m affected areas from the road side, vegetation shows positive edge effects. And analysis of soil chemical properties, lead content and organic matter were significantly positively related, and significantly negative correlation with soil pH. Marginal soil nitrogen content and the pH value was high, reaction to the road on vegetation-soil system factors affecting mainly from vehicle exhaust, and road construction; but also have the disruptive effect by the accumulation of road construction materials and man-made trampling to the original vegetation and its matrix, the road life was also some impact of plant and soil on both road sides.

Key words: Changbai mountain road; plant diversity index; soil properties; influencing factors