

doi: 103969/j.issn.0490-6756.2017.03.035

公路对九寨沟县华西箭竹生长状况的影响

魏玲, 冉江洪, 钟雪, 杨荔钧, 晏婷婷, 赵晨皓

(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: 为了解公路对大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)主食竹生长状况的影响, 2014年在四川省九寨沟县大熊猫栖息地内的公路网中, 设置距公路不同距离的调查样方, 测量华西箭竹(*Fargesia nitida*)成竹的株高、基径、密度及环境因子等。研究结果显示: 在距离道路垂直距离0~500m范围的5个梯度间, 华西箭竹的株高、基径无显著差异, 但密度差异显著; 在0~100m的5个距离组间, 华西箭竹的株高、基径和密度均无显著差异。华西箭竹株高、基径、密度与距公路距离均无显著相关性。华西箭竹株高主要与草本高度、苔藓层盖度和腐殖质盖度显著相关, 基径主要与苔藓厚度显著相关, 密度主要与上层植被盖度和草本层高度显著相关, 即箭竹的生长状况主要受环境因子的影响。虽然公路运营对华西箭竹生长状况无显著影响, 但公路建设对道路旁的竹类损毁严重, 包括人为砍伐、家畜啃食与践踏等。

关键词: 公路; 华西箭竹; 大熊猫; 环境因子

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2017)02-0429-07

The influence of road on the growth status of *Fargesia nitida* in Jiuzhaigou county

WEI-Ling, RAN Jiang-Hong, ZHONG-Xue, YANG Li-Jun, YAN Ting-Ting, ZHAO Chen-Hao

(Key Laboratory of Bio-Resources and Eco-environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: In order to ascertain the impacts of roads on the growing status of diet bamboo of pandas, 177 quadrats (1m×1m) were sampled by the different distances from the road to measure the height, basal diameter, and the density of *Fargesia nitida* and other environmental factors such as herbage height, moss coverage and humus coverage in the habitats of the Giant Panda in Jiuzhaigou County in 2014. The results showed that in 5 gradients which defined by vertical distance from roads under 500m, there are no significant differences in average height and basal diameter of *F. nitida* except average density; in 5 gradients under 100m, there are no significant differences in all these three factors. The average height, basal diameter and density are not significantly positively correlated to the distance from the road. The height was correlated to the herbage height, moss coverage and humus coverage significantly; the basal diameter was correlated to moss thickness significantly; and the density was correlated to the upper vegetation coverage and herbage coverage significantly, which illustrate that the growing status of *Fargesia nitida* was mainly affected by multiple environmental factors. Even though the road operation has no significant effect on the growth conditions of *Fargesia nitida*, still, the bamboos near the road are severely damaged by deforestation, as well as gnawing and trample of livestock that mainly brought by roads.

Keywords: Road; *Fargesia nitida*; Giant Panda; Environmental Factors

收稿日期: 2016-01-27

基金项目: 成兰铁路环保专题及研究

作者简介: 魏玲(1991-), 女, 重庆人, 硕士研究生, 研究方向为保护生物学. E-mail: wlvliolin@126.com

通讯作者: 冉江洪. E-mail: rjhong-01@163.com

1 引言

道路系统通过道路密度、道路网的结构和道路影响区域(road-effect zone)形成生态影响^[1],其生态影响面积是道路本身面积的 19 倍,在美国,其影响面积已达国土总面积的 15%~20%^[1-2].道路会直接造成动植物死亡^[1];大多数大型哺乳动物、鸟类以及一些其他物种(特别是森林内部物种、边缘敏感物种)对公路都有回避的现象^[3,4].道路对几乎所有的动物都有障碍及过滤作用,其中道路障碍作用的大小主要决定于道路宽度和交通网密度,同时也受道路面积和道路位置的影响^[1].除此之外,道路还会形成“边缘效应”^[5]及“热岛效应”^[6],会导致喜边缘及喜热物种的增加.道路对植物的边缘效应表现为对道路旁植被类型、种群结构、生物多样性、植物传播传粉等方面产生影响,主要是由于道路旁的土壤干旱、温度高、汽车排放物累积以及道路建设造成的砍伐和动物啃食等原因引起^[7].研究表明,紫茎泽兰能在富含重金属的镍矿土壤上正常生长、定居并成为优势植株^[8],道路旁土壤对汽车排放物的累积还可能使得紫茎泽兰等入侵物种^[9]进一步扩散.道路对植物的影响程度与距离道路的远近相关,道路对植物组成结构影响在路旁 5m 内最明显^[10];主干道路 200 m 范围内维管束植物生长加快,草本植物丰富度增大,地衣和其他植物丰富度下降^[11];汽车排放尾气中的铅在远离道路 200m 以外的植物体内都有积累^[12];道路对植物生物量影响范围集中在 125~285m^[13].

随着经济社会的发展,大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)栖息地内的交通道路越来越发达.道路的

发展会造成景观破碎化^[7],阻碍大熊猫的迁徙和移动,切断大熊猫种群之间的基因交流,导致生殖孤岛的出现^[14].大熊猫食谱的 99%是竹子,其喜食直径较大的竹茎和竹笋,对细小竹子基本不取食^[15].公路的建设和运行是否会造成竹类生长变差,致使大熊猫不利用公路两侧的生境,进而导致大熊猫栖息地片段化和活动阻隔,就成为大熊猫栖息地公路建设环境影响评价和大熊猫保护管理极为关注的问题.为了了解道路对大熊猫主食竹生长状况的影响及程度,在九寨沟县的大熊猫栖息地公路两侧就运营公路对大熊猫主食竹生长的影响进行了研究,以为大熊猫保护管理及保护策略制定提供理论依据,并为道路建设及影响评价提供支撑数据.

2 材料与方法

2.1 研究地概况

研究区选择在四川阿坝藏族羌族自治州九寨沟县的九寨沟环线公路和九寨沟国家级保护区内的旅游公路,地理位置介于东经 103°43'~104°7',北纬 32°17'~33°17'之间(见图 1).研究区域地貌以高山峡谷地貌为主,气候属于北亚热带气候和暖温带气候的过渡区,年平均温度 12.7°,平均降水量 600~800mm.九寨沟县是大熊猫分布县,竹类资源丰富,在公路两侧的林内都有竹类分布,竹种主要以华西箭竹(*Fargesia nitida*)和缺苞箭竹(*Fargesia denudata*)为主,森林植被由阔叶林、针阔混交林、针叶林组成,以紫果云杉(*Picea purpurea*)、粗枝云杉(*P. asperata*)和岷江冷杉(*Abies faxoniana*)等组成的寒温性针叶林为主^[16,17].

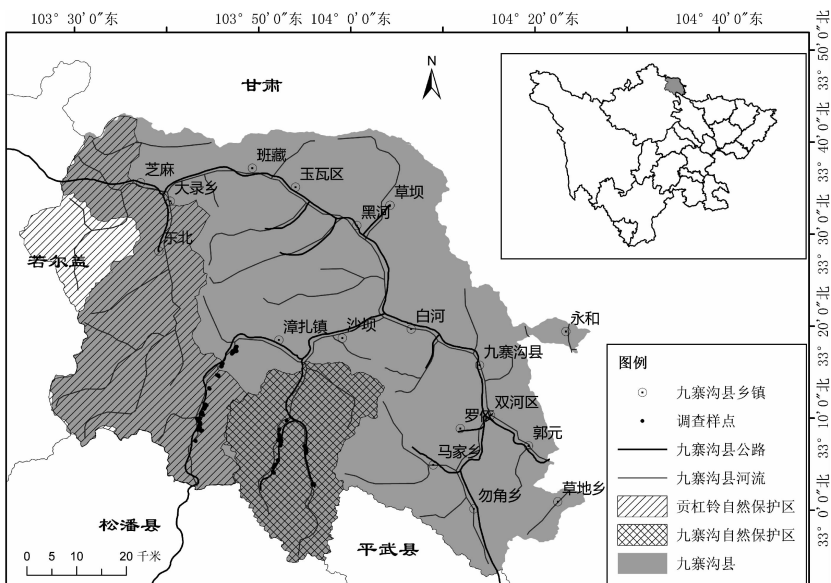


图 1 研究区域及调查样点位置示意图

Fig. 1 Geographical location of the study area and investigative samples

2.2 研究方法

2.2.1 样点选取方法 根据距公路垂直距离梯度设置调查样方, 取样梯度划分为: <10m、10~50m、50~100m、100~200m、200~500m, 分别设置 1m×1m 样方(样方数见表 2), 测量样方活立竹株高、基径、密度等生长指标, 以及草本、苔藓等微生境因子; 同时估测以该 1m×1m 样方为中心的 10m×10m 样方上层植被盖度与竹子盖度。调查时沿公路尽量选取沟谷平缓地区进入, 选择生境相似点做样方, 尽量控制海拔和植被对调查数据的影响, 测量的竹种均为华西箭竹。采集样方点的海拔为 2300~3100m。由于竹子的分布并不均匀, 再加上在高山峡谷区, 不是每一个调查样线距离公路的 5 个梯度都能做到, 故会产生各梯度的样本数量不均一。样点的测量记录参数见表 1:

表 1 调查测量参数表

Tab. 1 Parameter list of measurement in the survey

| 参数 | 说明 |
|-------------------|--|
| 距公路距离(m) | 野外每个样点记录 GPS 位点, 采用 GPS 直接测量 2 个样点间的距离, 在分析时再用 ArcMap 10.0 的测量工具, 核实测量调查点距公路的实际距离。 |
| 海拔(m) | 采用 GPS 测量 |
| 经纬度 | 采用 GPS 测量 |
| 活立竹株数 | 直接计数样方内的活立竹株数 |
| 竹高度(m) 和基径(mm) | 在样方中随机选取 20 株成竹对应测量其株高、基径, 数量不足 20 株的全部测量。箭竹株高用 5m 的卷尺, 箭竹基径用游标卡尺测量 |
| 上层植被 总盖度(%) | 估测以小样方为中心, 10 m×10 m 样方中乔木和灌木(不包括箭竹)的盖度, 精度到 5% |
| 竹盖度(%) | 估测以小样方为中心, 10 m×10 m 样方中箭竹的盖度, 精度为 5% |
| 草本盖度(%) | 估测, 精度为 5% |
| 草本高度(cm) | 用卷尺测量, 精确到 0.5 cm |
| 苔藓盖度(%) | 估测, 精确到 5% |
| 苔藓厚度(cm) | 用卷尺测量, 精确到 0.5 cm |
| 腐殖质盖度(%) | 估测, 精确到 5% |
| 腐殖质厚度(mm) | 用卷尺测量, 精确到 1 mm |

表 2 距公路不同距离的华西箭竹生长状况(均值±标准误)

Tab. 2 Statistics of *Fargesia Nitida* growth status at different distances from the road(Mean±SE)

| 距公路距离(m) | 成竹株高(cm) | 成竹基径(mm) | 密度(株/m ²) | 样本数量 |
|----------|--------------|-----------|-----------------------|------|
| ≤10 | 163.05±6.66 | 4.69±0.22 | 37.81±2.75 | 47 |
| 11~55 | 165.64±7.76 | 4.65±0.24 | 31.77±1.71 | 57 |
| 56~100 | 156.20±8.98 | 4.39±0.22 | 35.58±3.16 | 24 |
| 101~200 | 158.12±9.48 | 4.55±0.29 | 49.40±5.36 | 25 |
| 201~500 | 169.24±13.28 | 4.58±0.27 | 37.50±3.44 | 24 |
| 总样本 | 163.10±3.95 | 4.60±0.12 | 37.16±1.39 | 177 |

2.2.2 数据处理方法 统计分析工作在 SPSS 21.0 平台上进行。由于每个距离梯度的样方数量分布不均衡, 故此首先采用可视离散化将数据重新分组, 即将调查点距公路的距离重新分段, 以对数据进行最优化处理。

采用单样本 K-S 检验对野外调查的原始数据进行正态性检验。用单因素方差分析(One-Way ANOVA)分析距公路不同距离的箭竹株高、基径、密度是否具有显著性差异, Levene 检验方差齐性, 方差具齐性的选择 LSD 法进行多重比较, 方差不具齐性的选择 Tamhane's T2 进行多重比较。

采用 Spearman 等级相关性分析对箭竹株高、基径、密度、箭竹距公路垂直距离, 以及环境等因子两两间相关关系进行初步分析, 再将与箭竹株高、基径、密度存在相关性的所有变量纳入 GLM 模型进行回归分析, 确定箭竹生长状况与距公路的垂直距离是否具有显著相关性以及在道路存在情况下影响箭竹生长状况的关键因子。

3 结果与分析

共采集有 177 个数据。数据均具有独立性; 成竹株高、基径符合正态分布, 密度不属于正态分布; 株高、基径具齐性, 密度不具齐性。

3.1 距公路不同距离箭竹生长状况差异

在距公路不同距离 0~10m、11~55m、56~100m、101~200m、201~500m 等 5 个距离梯度中, 箭竹平均株高($P = 0.897 > 0.05$)、基径($P = 0.951 > 0.05$), 差异均不显著。箭竹密度差异极显著($P = 0.002 < 0.01$)。采用多重比较结果显示: 箭竹密度在 11~55m 与 101~200m 梯度间有显著差异(表 2-4)。

为了进一步了解箭竹生长状况随距公路距离更精确的变化, 将 100m 内数据细分为 0~5m、6~10m、11~25m、26~55m、56~100m 5 个距离组分析, 结果显示, 箭竹成竹平均株高($P = 0.757 > 0.05$)、基径($P = 0.925 > 0.05$)、密度($P = 0.284 > 0.05$), 差异均不显著(表 5、表 6)。

3.2 箭竹生长状况与环境因子的相关性分析

采用 Spearman 相关性分析对华西箭竹生长指标与环境因子的关系进行分析(表 7),结果显示:华西箭竹株高与草本层高度、腐殖质盖度极显著正相关,与苔藓盖度、苔藓厚度极显著负相关;华西箭竹基径与草本层高度、腐殖质盖度显著正相关,与苔藓盖度显著负相关,与苔藓厚度极显著负相关;华西箭竹密度与上层植被总盖度(乔木盖度)显著负相关,与草本层高度极显著负相关,与竹子盖度显著正相关. 华西箭竹株高、基径、密度与距公路距离均不呈显著相关关系.

表 3 距公路不同距离的华西箭竹生长状况单因素方差分析

Tab. 3 One-way ANOVA analysis of *Fargesia Nitida* growth status at different distances

| 因子 | Df | F | P |
|------|--------------------|-------|---------|
| 箭竹株高 | $df_1=4, df_2=172$ | 0.270 | 0.897 |
| 箭竹基径 | $df_1=4, df_2=172$ | 0.174 | 0.951 |
| 箭竹密度 | $df_1=4, df_2=172$ | 4.290 | 0.002** |

注:“*”表示检验结果在 0.05 的显著性水平上差异显著;“**”表示检验结果在 0.01 的显著性水平上差异极显著.

表 4 距公路不同距离的华西箭竹密度多重比较

Tab. 4 Multiple comparisons of *Fargesia Nitida* density at different distances

| 距公路距离(m) | | 显著性 P |
|----------|---------|--------|
| ≤10 | 11-55 | 0.494 |
| | 56-100 | 1.000 |
| | 101-200 | 0.474 |
| | 201-500 | 1.000 |
| 11~55 | ≤10 | 0.494 |
| | 56-100 | 0.970 |
| | 101-200 | 0.039* |
| | 201-500 | 0.790 |
| 56~100 | ≤10 | 1.000 |
| | 11-55 | 0.970 |
| | 101-200 | 0.281 |
| | 201-500 | 1.000 |
| 101~200 | ≤10 | 0.474 |
| | 11-55 | 0.039* |
| | 56-100 | 0.281 |
| | 201-500 | 0.511 |
| 201~500 | ≤10 | 1.000 |
| | 11-55 | 0.790 |
| | 56-100 | 1.000 |
| | 101-200 | 0.511 |

注:“*”表示检验结果在 0.05 的显著性水平上差异显著;株高、基径为 LSD,密度为 Tamhane's T2

表 5 距公路 100m 内不同距离的华西箭竹生长状况(均值±标准误)

Tab. 5 Statistics of *Fargesia Nitida* growth status at different distances under 100m(Mean±SE)

| 距公路距离(m) | 成竹株高(cm) | 成竹基径(mm) | 密度(株/m ²) | 样本数量 |
|----------|--------------|-----------|-----------------------|------|
| ≤5 | 156.69±8.57 | 4.60±0.30 | 40.04±3.71 | 27 |
| 6-10 | 171.64±10.47 | 4.82±0.33 | 34.80±4.08 | 20 |
| 11-25 | 160.97±12.55 | 4.59±0.38 | 31.96±2.66 | 25 |
| 26-55 | 169.28±9.88 | 4.70±0.32 | 31.63±2.27 | 32 |
| 56-100 | 156.20±8.98 | 4.39±0.22 | 35.58±3.16 | 24 |
| 总样本 | 162.92±4.53 | 4.62±0.14 | 34.70±1.41 | 128 |

表 6 距公路 100m 内不同距离的华西箭竹生长状况单因素方差分析

Tab. 6 One-way ANOVA analysis of *Fargesia Nitida* growth status at different distances under 100m

| 因子 Factors | Df | F | P |
|-------------------|--------------------|-------|-------|
| 株高 Height | $df_1=4, df_2=123$ | 0.471 | 0.757 |
| 基径 Basal diameter | $df_1=4, df_2=123$ | 0.223 | 0.925 |
| 密度 Density | $df_1=4, df_2=123$ | 1.274 | 0.284 |

分别以华西箭竹株高、基径、密度为因变量,将与之显著相关的生境因子为自变量纳入 GLM 模型进行回归分析,得到的优化回归模型见表 8. 由表可知,箭竹株高与草本高度、苔藓层盖度和腐殖质盖度相关($P<0.05$),随着草本层高度和腐殖质盖度的增加,华西箭竹株高越高($r=0.242, r=0.$

239);随着苔藓盖度的增大,株高越矮($r=-0.220$). 华西箭竹基径与苔藓厚度相关($P<0.05$),随着苔藓厚度的增大,基径越小($r=-0.264$). 华西箭竹密度与上层植被盖度和草本层高度相关($P<0.05$),随着上层植被盖度和草本高度的增加,密度越稀疏($r=-0.166, r=-0.201$).

表7 华西箭竹生长状况与生态因子的相关性分析

Tab.7 Correlation analysis between *Fargesia Nitida* growth status and ecological factors

| | 上层植被 盖度 | 竹子 盖度 | 草本层 高度 | 草本层 盖度 | 苔藓层 盖度 | 苔藓层 厚度 | 腐殖质 盖度 | 腐殖质 厚度 | 竹子 株高 | 竹子 基径 | 竹子 密度 | 距公路 距离 |
|------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 上层植被 盖度 | 1.000 | -0.025 | -0.202** | -0.238** | -0.137 | -0.088 | 0.073 | -0.077 | 0.085 | -0.095 | -0.166* | 0.083 |
| 竹子盖度 | - | 1.000 | -0.107 | -0.090 | 0.029 | 0.055 | -0.059 | -0.037 | -0.057 | 0.055 | 0.191* | 0.174* |
| 草本层高度 | - | - | 1.000 | 0.366** | -0.012 | -0.088 | 0.133 | 0.054 | 0.242** | 0.168* | -0.201** | -0.086 |
| 草本层盖度 | - | - | - | 1.000 | -0.212** | 0.128 | -0.109 | 0.217** | 0.095 | 0.124 | -0.033 | -0.119 |
| 苔藓层盖度 | - | - | - | - | 1.000 | 0.341** | -0.228** | -0.002 | -0.220** | -0.191* | 0.054 | 0.173* |
| 苔藓层厚度 | - | - | - | - | - | 1.000 | -0.313** | -0.141 | -0.302** | -0.264** | 0.062 | 0.281** |
| 腐殖质盖度 | - | - | - | - | - | - | 1.000 | 0.410** | 0.239** | 0.151* | -0.021 | -0.123 |
| 腐殖质厚度 | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | 0.096 | 0.083 | 0.092 | 0.069 |
| 竹子株高 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | 0.818** | -0.151* | 0.016 |
| 竹子基径 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | -0.076 | 0.015 |
| 竹子密度 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 | 0.078 |
| 距公路距离 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.000 |

注:“*”表示显著相关,“**”表示极显著相关

表8 广义线性模型分析箭竹生长状况与生境因子的关系

Tab.8 Relations between *Fargesia Nitida* growth status and micro-habitat variables analyzed by GLM models

| 因变量 | 自变量 | B | Sig. | 因变量 | 自变量 | B | Sig. | 因变量 | 自变量 | B | Sig. | Df | | |
|-----|-------|---------|-------|-----|------|-------|-------|--------|------|--------|-------|--------|-------|---|
| | (截距) | 138.263 | 0.000 | | (截距) | 4.883 | 0.000 | | (截距) | 48.042 | 0.000 | 1 | | |
| 株高 | 草本高度 | 0.807 | 0.015 | 基径 | 密度 | | | 上层植被盖度 | | -0.166 | 0.010 | 1 | | |
| | 苔藓盖度 | -0.257 | 0.021 | | 苔藓厚度 | | | | | | | | | |
| | 腐殖质盖度 | 0.336 | 0.006 | | | | | | | 草本高度 | | -0.318 | 0.011 | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | |

3.3 环境因子与距公路距离的相关性分析

由以上 spearman 相关性分析结果可知:苔藓盖度、苔藓厚度分别与距公路距离成(极)显著正相关关系(表7),即随着距公路距离的增加,苔藓盖度、苔藓厚度也增加.而我们已知随着苔藓盖度的增加,箭竹株高越矮;随着苔藓厚度的增加,箭竹基径越小.而相关性分析(表7)中,公路与华西箭竹株高、基径和密度并无显著相关关系,说明植物群落稳定性高时,道路可能主要影响苔藓盖度、苔藓厚度等微生境因子,而不会对华西箭竹生长状况产生影响.

4 讨论

公路对其道旁植物的组成^[10]、种群数量和结构^[18]、生物量^[13]、光合作用^[19]等生理生态特征^[20,21]都有一定程度的影响.刘杰^[13,18]的研究结果显示,高速公路建设对沿线植物大部分特征指标影响有正负两种,乔木主要受负面影响,灌木和草本主要受正面影响.主要是因为乔木高大,处于优势地位,道路建设对其干扰最大,而乔木的破坏,明

显改善了灌木和草本的光照条件,灌木层的破坏也有利于草本植物占领空间和利用光照,而这种影响在公路沿线近距离范围(5m)内最为显著.孙超等^[22]在长白山的研究结果显示在距道路边5m的影响范围内,植被表现出一定的边缘正效应.刘杰等^[13]认为,公路建设对灌草植物生物量的影响是正面的,这符合中度干扰理论.国外研究道路对植物影响的研究多集中于生态系统^[1,6]、生物多样性^[10]、外来物种入侵^[10,23]等层面,少有针对单个物种生长状况的影响研究.从本研究结果看,华西箭竹的株高、基径、密度与道路距离都没有显著相关关系,即使是在0~5m范围也不显著相关,说明道路营运对九寨沟华西箭竹的生长状态影响不大.

从研究结果看,一方面,公路与华西箭竹的生长不显著相关,但上层植被盖度、苔藓盖度、苔藓厚度、腐殖质盖度、草本层高度等环境因子与华西箭竹的生长有显著相关关系.魏辅文等^[24]对峨热竹(*Bashania spanostachya*)的研究表明,竹类的生长发育与多种因子相关,在不同海拔高度,由于受温度和湿度等因素的影响,株高和基径随海拔的升

高而变矮变细;上层乔木郁闭度的大小直接影响到林下光照时间的长短和强弱,从而影响下层竹子的生长,郁闭度增大,竹子的密度变小.发笋量也会随着郁闭度的增大而显著减小^[25].吴萌等^[26]的研究也表明,在疏林地中由于光照条件较好,缺苞箭竹幼苗生长发育较快.这与我们的研究结果相似,上层植被盖度越低,华西箭竹成竹密度越高.马志贵等^[27]的研究结果显示影响缺苞箭竹更新的主要因子是林冠郁闭度,其次是地面活苔藓层厚度;李波等^[28]对九寨沟区域箭竹(*Fargesia* spp.)开花后的自然更新恢复的研究结果表明苔藓厚度、苔藓盖度对幼苗密度影响显著;本研究结果也显示,华西箭竹株高随苔藓盖度的增加而降低,基径随苔藓厚度的增加而降低,说明苔藓层与箭竹的生长发育也有较强的相关性.影响竹类生长的因素很多,我们的研究结果还表明,腐殖质盖度越大,华西箭竹株高越高,草本层高度与华西箭竹株高显著正相关,聂道平等^[29]的研究也显示腐殖质层厚度等因子对毛竹(*Phyllostachys pubescens*)生产力有显著影响.

另一方面,苔藓盖度和苔藓厚度与距公路距离显著相关,而苔藓盖度与苔藓厚度分别与华西箭竹株高、基径显著相关,但是华西箭竹株高、基径与距公路距离并无显著相关关系.结果看似矛盾,我们认为可能的原因是:影响华西箭竹生长状况的环境因子有上层植被盖度、草本高度、苔藓盖度、苔藓厚度、腐殖质盖度,其中正相关的有:草本高度、腐殖质盖度,负相关的有:上层植被盖度、苔藓盖度、苔藓厚度.单因素方差结果显示距公路不同距离华西箭竹差异不显著,可能是因为各环境因子对华西箭竹的正负影响相互抵消,故此,就算苔藓盖度、苔藓厚度与距公路距离显著正相关,华西箭竹生长状况与距公路距离也可能是不显著相关的.综合各因素,我们认为植物群落稳定性高时,道路可能主要影响苔藓盖度、苔藓厚度等微生境因子,而不会对华西箭竹生长状况产生影响.

影响植物生长的因素还有大环境与小环境的光照、其他气候因子、地形、土壤、其他生物等各种因素,调查样方内其他所有环境因子都不能保证完全相同,因此可能也对结果造成了一定程度的影响.

本研究虽然表明公路运营对九寨沟县华西箭竹生长没有显著影响,但并不说明公路建设对竹类没有影响,因为本调查选取的样本为正常生长的小样方,即没有选取遭受家畜与人为损害的植株.修

建山区公路,切断自然坡面,必然会切断森林动植物正常繁衍的自然通道,形成新林缘,产生林木偏冠、偏干的现象^[30].从调查情况看,在公路旁的竹子生长易遭牲畜取食、践踏与人为砍伐,竹林的生长不连续.

参考文献:

- [1] Forman R T T, Alexander L E. Roads and their major ecological effects [J]. *Ann Rev Ecol S*, 1998, 29: 207.
- [2] Reijnen R, Foppen R, Braak C T, *et al.* The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads [J]. *J Appl Ecol*, 1995, 32: 187.
- [3] Brody A J, Pelton M R. Effects of roads on black bear movements in western north Carolina [J]. *Wildlife Soc B*, 1989, 17: 5.
- [4] Mech L D, Fritts S H, Radde G L, *et al.* Wolf distribution and road density in Minnesota [J]. *Wildlife Soc B*, 1988, 16: 85.
- [5] 孙儒泳. 动物生态学原理 [M]. 北京:北京师范大学出版社, 2001.
- [6] Trombulak S C, Frissell C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities [J]. *Conserv Biol*, 2000, 14: 18.
- [7] Forman R T T, Sperling D, Bissonette J A, *et al.* 道路生态学——科学与解决方案 [M]. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [8] 陈诚, 赵珂, 李小林, 等. 镍矿区紫茎泽兰根际及内生菌多样性研究 [J]. *四川大学学报:自然科学版*, 2015, 52(6): 1387.
- [9] 鲁萍, 桑卫国, 马克平. 外来入侵种紫茎泽兰研究进展与展望 [J]. *植物生态学报*, 2005, 29(6): 1029.
- [10] Watkins R Z, Chen J Q, Brosofske K D, *et al.* Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape [M]. *Conserv Biol*, 2003, 17(2): 411.
- [11] Olander L P, Scatena F N, Silver W L. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo experimental forest, Puerto Rico [J]. *Forest Ecol Manag*, 1998, 109: 33.
- [12] Angold P G. The impact of a road upon adjacent heathland vegetation: effects on plant species composition [J]. *J Appl Ecol*, 1997, 34: 409.
- [13] 刘杰, 崔保山, 杨志峰, 等. 纵向岭谷区高速公路

- 建设对沿线植物生物量的影响 [J]. 生态学报, 2006, 26(1): 83.
- [14] 胡锦矗. 大熊猫研究 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2001.
- [15] 胡杰, 胡锦矗, 屈植彪, 等. 黄龙大熊猫对华西箭竹选择与利用的研究 [J]. 动物学研究, 2000, 21(1): 48.
- [16] 秦自生. 四川大熊猫的生态环境及主食竹种更新 [J]. 竹子研究会刊, 1985, 4(1): 1.
- [17] 王颖, 冉江洪, 凌林, 等. 岷山北部竹类开花状况及对大熊猫的影响调查 [J]. 四川动物, 2009, 28: 368.
- [18] 刘杰, 衷平. 纵向岭谷区高速公路建设对植物种群特征的影响 [J]. 交通安全与环保, 2014, 22: 33.
- [19] 刘杰, 崔保山, 董世魁, 等. 纵向岭谷区高速公路建设对沿线植物光合速率影响的定量研究 [J]. 科学通报: A 版, 2006, 51(增刊): 48.
- [20] 刘杰, 崔保山, 董世魁, 等. 纵向岭谷区高速公路干扰强度对沿线植物主要生理生态特征的影响 [J]. 环境科学学报, 2007, 27(1): 157.
- [21] Lamont B B, Whitten V A, Witkowski E T F, et al. Regional and local (road verge) effects on size and fecundity in *Banksia menziesii* [J]. Aust J Ecol, 1994, 19(2): 197.
- [22] 孙超, 金永焕, 陆秀君. 长白山道路对周边植物及土壤的影响 [J]. 北方园艺, 2010(13): 91.
- [23] Christen D, Matlach G. The role of roadsides in plant invasions: a demographic approach [J]. Conserv Biol, 2006, 20(2): 385.
- [24] 魏辅文, 冯祚建, 王祖望, 等. 相岭山系大、小熊猫主食竹类峨热竹的生长发育与环境因子间的相互关系 [J]. 生态学报, 1999, 19(5): 710.
- [25] 黄荣澄, 刘香东, 冉江洪, 等. 大熊猫主食竹八月竹笋期生长发育规律初步研究 [J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2011, 48(2): 469.
- [26] 吴萌, 余群洲, 赵本虎, 等. 缺苞箭竹的繁殖和生长 [J]. 四川林业科技, 1986, 7(2): 26.
- [27] 马志贵, 王金锡. 缺苞箭竹更新与生态因子关系的研究 [J]. 四川林业科技, 1989, 10(4): 34.
- [28] 李波, 张曼, 钟雪, 等. 岷山北部大熊猫主食竹天然更新与生态因子的关系 [J]. 科学通报, 2013, 58: 1528.
- [29] 聂道平, 徐德应, 朱余生. 林分结构、立地条件和经营措施对竹林生产力的影响 [J]. 林业科学研究, 1995, 8(5): 564.
- [30] 杨宇明, 张浩. 云南公路建设对陆地表层生态系统的影响 [J]. 西部林业科技, 2006, 35(1): 68.