

# 琿乌高速公路对路域植物物种多样性的影响

赵彦博<sup>1</sup>, 孙明阳<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>吉林建筑大学, 艺术设计学院, 吉林 长春

<sup>2</sup>中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春

收稿日期: 2022年8月18日; 录用日期: 2022年10月8日; 发布日期: 2022年10月18日

## 摘要

采用样线法对琿乌高速公路沿线4种植被类型进行实地调查, 探讨其物种组成及物种多样性在垂直公路方向上的梯度变化规律。结果表明: 1) 琿乌高速公路的建设及运营, 对垂直公路方向不同梯度部位的植物组成与丰富度产生显著影响; 2) 公路对沿线植物多样性的影响包括正、负两方面作用, 但总体上以负作用为主; 3) 公路对沿线植物群落的影响至少能达到20 m左右, 影响强度随着与公路距离的增加而逐渐减弱。

## 关键词

物种多样性, 路域, 影响, 高速公路

# Impact of Hunchun-Ulanhaote Expressway on Road Area Plant Species Diversity

Yanbo Zhao<sup>1</sup>, Mingyang Sun<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>College of Art and Design, Jilin Jianzhu University, Changchun Jilin

<sup>2</sup>Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun Jilin

Received: Aug. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Oct. 8<sup>th</sup>, 2022; published: Oct. 18<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

A field survey of four vegetation types along the Hunchun-Ulanhaote Expressway was conducted using the sample line method to explore the gradient changes of their species composition and species diversity in the vertical highway direction. The results showed that: 1) The construction and operation of the Expressway had a significant impact on the plant composition and richness of different gradients in the vertical highway direction; 2) The impact of the highway on the plant diversity along the highway included both positive and negative effects, but overall the negative

effect was dominant; 3) The impact of the highway on the plant community along the highway could reach at least 20 m, and the intensity of the impact decreased gradually with the increase of the distance from the highway.

## Keywords

Species Diversity, Road Area, Influence, Expressway

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

吉林省是生态大省, 境内以森林、草原、湿地为主, 可划分为东部山地森林区、西部平原草原区、中部低山丘陵森林草原过渡区三大部分, 生态格局基本稳定[1] [2]。由于自然植被景观特色鲜明, “生态旅游”的品牌形象得到强化, 旅游业已成为吉林省新的经济增长点。在“全域旅游”理念盛行的背景下, 全省植被的整体性保护也被提到了议事日程[3]。随着经济的发展以及交通网络的日益发达, 公路对沿线生态环境的破坏作用引起了众多生态学者的关注。

研究表明, 公路和各种交通工具对自然生态系统的影响至少涉及到了全球陆地面积的 15%~20% [4]。公路的出现, 不仅剔除了原来地表的植被覆盖, 改变了沿线的物理环境, 而且阻碍了植物繁殖体的传播, 其携带作用又为杂草和外来物种的入侵提供了机会[5] [6] [7]。因此, 公路对沿线植被的物种组成影响显著。本文以珲乌高速公路路域植被为研究对象, 探寻不同环境梯度下植物群落中物种多样性的变化规律, 以期更好的指导公路沿线的植被恢复与景观建设。

## 2. 研究区概况

珲乌高速公路(珲春 - 长春段)地处长吉图开发开放先导区, 由珲春出发依次经过图们、延吉、安图、敦化、蛟河、吉林、长春, 全长 460 多公里。区域属于大陆性季风气候, 四季分明, 年平均气温 5.1℃, 年均降水量 655 mm, 年平均风速 4.5 m·s<sup>-1</sup> [8] [9]。

公路设计行车速度 120 km·h<sup>-1</sup>, 车道宽度 2 × 2 × 3.75 m, 路基宽度 25.5 m [10]。公路的路肩、边坡、边沟等结构部位均有植被覆盖, 且呈显著的带状分布; 沿线的这些植物已侵入到相邻的土地, 与原植被混合共生。

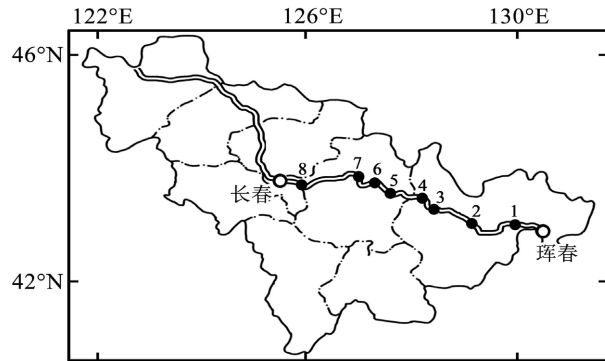
全线地处吉林省东部山区和中部低山丘陵区, 东部山区原有的地带性森林植被——红松沙冷杉针阔混交林大部分被采伐或开垦, 剩余的森林类型的结构组成与树种变化较少; 中部低山丘陵为次生的夏绿阔叶混交林[2] [11]。

## 3. 研究方法

### 3.1. 调查方法

采用样线法[12]对路域植物群落物种多样性进行调查。根据公路所经区域的植被分布状况[2] [11], 选取具有代表性的 8 个地段, 分别代表 4 种主要的植被类型(图 1 和表 1)。在每个地段的公路两侧, 垂直于公路布设 3 条平行样线, 间隔 50 m。在样线上布设样方, 分别位于土路肩(I)、边沟(II)、边沟外坡面(III)、

距路肩 20 m (IV)、50 m (V)、100 m (VI)处共计 6 个部位, 每个部位平行于道路再取 5 个样方(图 2), 每个样方的规格一般为 2 m × 2 m, 在比较狭长的土路肩上规格为 1 m × 4 m, 记录样方内的植物种类、株数和盖度。

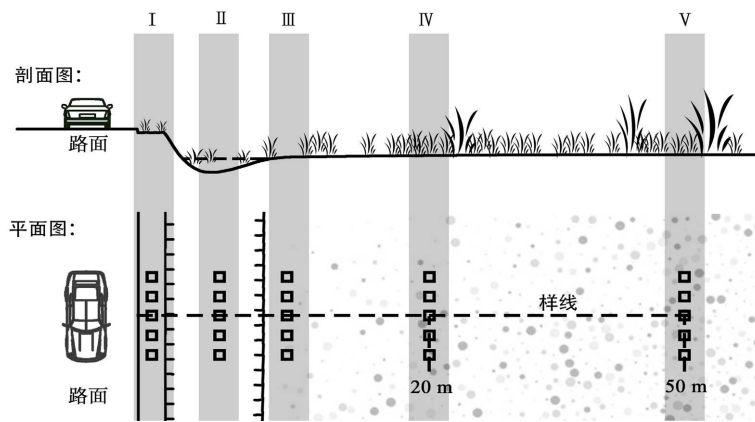


**Figure 1.** Position of investigated section  
**图 1.** 调查地段位置

由于公路对路域内已成年的乔木影响较小, 本文主要对灌草植物的多样性变化情况进行研究, 分析公路运营的生态影响。在少数情况下, 林下萌生的乔木树种也按灌木计。

**Table 1.** Basic information of investigated section  
**表 1.** 调查地段基本情况

地段编号	植被类型	基本特征
1、2	山杨、白桦林	天然次生林, 结构整齐, 可明显分为乔木、下木和草本三层, 乔木层以山杨和白桦为单优势, 平均树高 25 m。
3、4	落叶阔叶杂木林	天然次生林, 优势种不明显, 乔木层主要有色木槭、紫椴、糠椴、蒙古栎、枫桦、水曲柳, 等等, 平均树高 20 m。
5、6	蒙古栎林	天然次生林, 可分为明显的乔木、灌木和草本三层, 乔木层以蒙古栎为单优势, 并形成纯林, 平均树高 15 m。
7、8	人工樟子松林	人工林, 乔木层为樟子松纯林, 林下草本发育良好, 平均树高 20 m。



I 土路肩; II 边沟; III 边沟外坡面; IV 距路肩 20 m 处; V 距路肩 50 m 处。

**Figure 2.** Transect example (Section and plan)  
**图 2.** 样线示例(剖面与平面图)

### 3.2. 统计分析

利用重要值来评价植物在群落中的地位和作用, 灌、草种的重要值(I.V.)计算公式为:

$$(I.V.) = 1/3(\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) \quad (1)$$

利用 Patrick 丰富度指数(R)、Shannon-Wiener 多样性指数(H)以及 Pielou 均匀度指数(E)来分析植物群落的  $\alpha$  多样性; 利用 Cody 多样性指数( $\beta_1$ )和 Sørensen 多样性指数( $\beta_2$ )来分析群落的  $\beta$  多样性[13] [14]。其计算公式如下:

$$\text{Patrick 指数:} \quad R = S \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数:} \quad H = -\sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i) \quad (3)$$

$$\text{Pielou 指数:} \quad E = \frac{H}{\ln S} \quad (4)$$

$$\text{Cody 指数:} \quad \beta_1 = \frac{a+b-2c}{2} \quad (5)$$

$$\text{Sorenson 指数:} \quad \beta_2 = 1 - \frac{2c}{a+b} \quad (6)$$

式中,  $S$  为样地内出现的物种数;  $P_i$  为第  $i$  个种的相对多度;  $a$ 、 $b$  为两个群落的物种数;  $c$  为两个群落的共有物种数。记录每个样方的数据后, 求相同植被类型下相同结构部位的所有样方( $5 \times 3 \times 2 = 30$  个)的算术平均值, 再带入公式(1~6)进行计算。

采用单因子方差分析(ANOVA)对不同梯度上的植物物种多样性的差异性进行检验。ANOVA 以梯度部位为自变量, 以群落的  $R$ 、 $H$  和  $E$  为因变量; 所有数据分析工作均在 SPSS19.0 软件上进行。

## 4. 结果与分析

### 4.1. 优势物种的组成

**Table 2.** Plant species with top 3 importance values in each gradient position

**表 2.** 各梯度部位重要值排前 5 为的植物种

植被类型	I	II	III	IV	V	VI
山杨、白桦林	平车前 0.333	小蓬草 0.370	凸脉苔草 0.48	凸脉苔草 0.498	凸脉苔草 0.495	凸脉苔草 0.478
	凸脉苔草 0.330	凸脉苔草 0.329	四花苔草 0.473	四花苔草 0.486	四花苔草 0.484	四花苔草 0.467
	反枝苋 0.321	红蓼 0.320	小蓬草 0.112	蕨菜 0.100	蕨菜 0.099	榛子 0.105
	皱果苋 0.317	戟叶蓼 0.316	红蓼 0.101	三脉山黧豆 0.095	三脉山黧豆 0.094	毛榛 0.097
	小蓬草 0.306	水芹 0.292	裂叶蒿 0.078	裂叶蒿 0.078	大叶野豌豆 0.077	蕨菜 0.073
落叶阔叶杂木林	一年蓬 0.289	一年蓬 0.289	万年蒿 0.333	万年蒿 0.332	万年蒿 0.327	万年蒿 0.331
	万年蒿 0.287	万年蒿 0.269	东北牧蒿 0.241	东北牧蒿 0.241	东北牧蒿 0.237	林中蒿 0.211

## Continued

落叶阔叶杂木林	平车前	球果蕈菜	林中蒿	林中蒿	林中蒿	尾叶香茶花
	0.252	0.242	0.240	0.240	0.236	0.205
	皱果苋	槽秆荸荠	一年蓬	天门冬	天门冬	东北牧蒿
0.249	0.238	0.205	0.227	0.223	0.195	
反枝苋	酸模	酸模	野芝麻	尾叶香茶花	毛榛	
0.211	0.202	0.200	0.205	0.205	0.195	
蒙古栎林	刺苋	红蓼	凸脉苔草	凸脉苔草	凸脉苔草	凸脉苔草
	0.346	0.339	0.401	0.404	0.402	0.374
	凸脉苔草	凸脉苔草	四花苔草	四花苔草	四花苔草	四花苔草
	0.306	0.302	0.371	0.373	0.371	0.344
	牛膝菊	聚穗莎草	红蓼	羊胡子苔草	羊胡子苔草	羊胡子苔草
0.286	0.281	0.291	0.301	0.299	0.282	
平车前	扁秆蔗草	万年蒿	乌苏里苔草	乌苏里苔草	乌苏里苔草	
0.283	0.278	0.272	0.290	0.288	0.271	
皱果苋	牛膝菊	牛膝菊	万年蒿	桃色女娄菜	兴安杜鹃	
0.184	0.180	0.191	0.142	0.141	0.163	
人工樟子松林	刺苋	聚穗莎草	羊胡子苔草	兴安野青茅	兴安野青茅	兴安野青茅
	0.310	0.303	0.293	0.263	0.258	0.243
	裂叶蒿	裂叶蒿	荆三棱	裂叶蒿	裂叶蒿	矮山黧豆
	0.274	0.267	0.257	0.235	0.231	0.210
	平车前	荆三棱	裂叶蒿	矮山黧豆	矮山黧豆	裂叶蒿
0.272	0.266	0.248	0.229	0.225	0.204	
反枝苋	反枝苋	反枝苋	野豌豆	野豌豆	兴安杜鹃	
0.238	0.233	0.224	0.227	0.222	0.197	
皱果苋	扁秆蔗草	野豌豆	羊胡子苔草	万年蒿	野豌豆	
0.226	0.221	0.213	0.212	0.208	0.196	

从垂直公路的梯度部位上看, 距离公路越近, 受到外来植物入侵越严重, 特别是土路肩, 几乎全部被外来入侵植物所覆盖, 主要有: 平车前、反枝苋、皱果苋、刺苋、小蓬草、一年蓬、牛膝菊等。而距离公路最远的 100 m 处(VI), 几乎全部为本地种。各调查地段(植被类型)下公路两侧不同梯度部位上重要值前五位的物种见表 2。

#### 4.2. 物种丰富度的变化

四种植被类型下垂直公路方向不同梯度部位的物种丰富度见图 3。可以看出, 随着与公路之间距离的拉近, 物种的丰富度总体上呈下降的趋势, 说明公路对路域植物的影响主要表现为负作用。距离路肩最远的 100 m (VI)处的丰富度最高(落叶阔叶杂木林和蒙古栎林均达到 33 种), 说明此处的物种丰富度最接近本地植被的水平; 距离路肩的 20 m 处(IV)的丰富度出现低值(人工樟子松林达到 13 种), 反映了公路对路域植物的负面作用; 边沟外坡面(III)的丰富度之所以有所提高, 一是因为此处已出现了较多的外来入侵种; 二是因为此处毗邻边沟, 湿度范围较大, 适合更多种类的植物生存; 土路肩(I)的丰富度最低, 因为此处土壤干燥、板结, 存活下来的多数为抗性极强的外来入侵种。

#### 4.3. $\alpha$ 多样性的变化

四种植被类型下垂直公路方向不同梯度部位的 Shannon-Wiener 多样性指数见图 4。可以看出, Shannon-Wiener 多样性指数与丰富度的变化趋势基本一致, 随着与公路之间距离的拉近, 多样性总体上

呈下降的趋势, 只是 Shannon-Wiener 指数的变化幅度趋于平缓。这是因为 Shannon-Wiener 指数一般用来反映种的个体出现的不确定程度[13], 比起以种的数目表示的丰富度, Shannon-Wiener 指数更加接近实际状况。

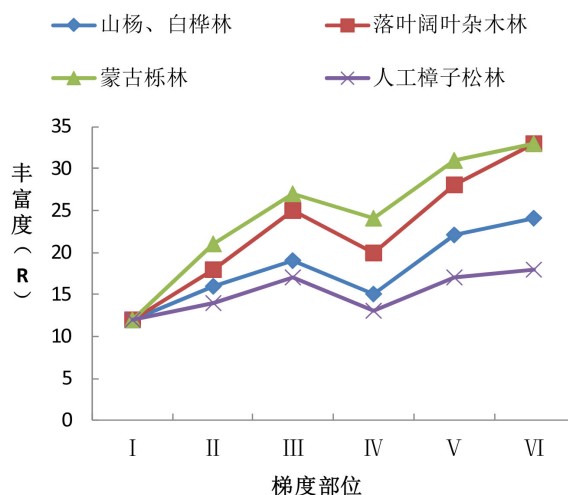


Figure 3. Change of species richness

图 3. 物种丰富度的变化

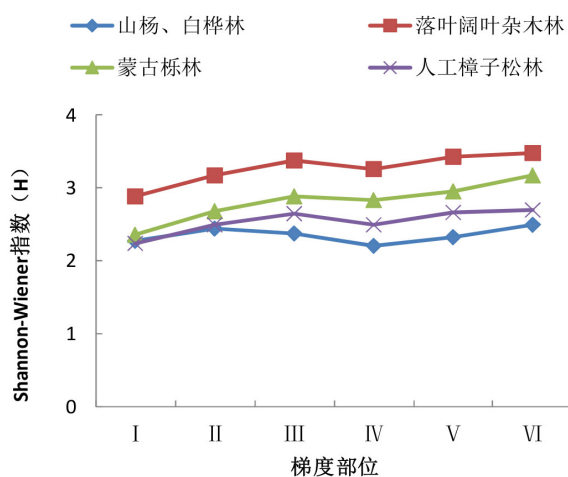


Figure 4. Change of Shannon-Wiener diversity

图 4. Shannon-Wiener 多样性变化

垂直公路方向不同梯度部位的 Pielou 均匀度指数见图 5。虽然总体上同样趋于平缓, 但不难看出, 随着与公路之间距离的拉近, 均匀度指数总体上呈上升趋势, 这与丰富度指数、Shannon-Wiener 指数截然相反。这是因为, 距离公路越远, 植被的组成越接近本地植被, 优势物种越明显, 均匀度下降; 距离公路越近, 外来入侵物种越多, 少数的几个抗性强的入侵种出现的几率趋同, 均匀度上升。

#### 4.4. $\beta$ 多样性的变化

四种植被类型下垂直公路方向不同梯度部位的 Cody 指数和 Sørensen 指数见图 6 和图 7。随着与公路之间距离的拉近, 这两个指数总体上呈上升趋势, 与 Shannon-Wiener 多样性指数相反。距离路肩最远

的 100 m (VI)处的群落与 50 m (V)处的群落物种差异最小(其中人工樟子松林的 Cody 指数为 2.5, Sørensen 指数为 0.14), 说明受到公路的影响也最小; 边沟(II)内的群落与边沟外坡面(III)的群落物种差异最大(其中蒙古栎林的 Cody 指数为 12, Sørensen 指数为 0.71), 不仅因为湿度环境差异大造成了物种种类差异, 而且因为 III 处的种数增多造成了物种数量上的差异。

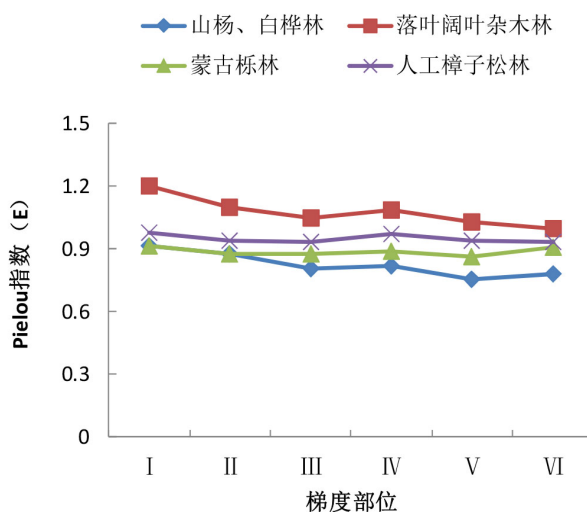


Figure 5. Change of Pielou uniformity

图 5. Pielou 均匀性变化

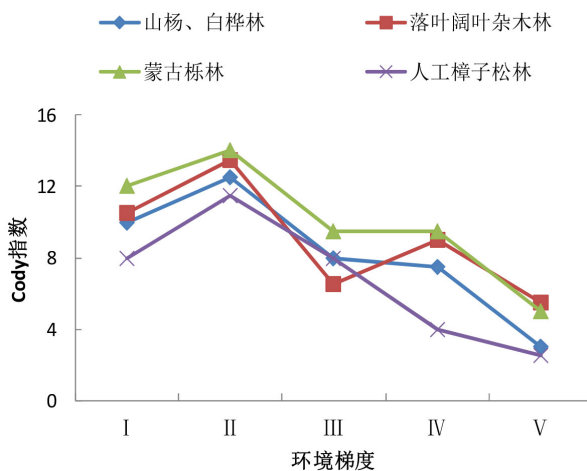


Figure 6. Change of Cody diversity

图 6. Cody 多样性变化

## 5. 结论

### 5.1. 对植物组成与丰富度的影响

珲乌高速公路的建设及运营, 对垂直公路方向不同梯度部位的植物组成与丰富度产生显著影响。在远离公路的次生林中, 优势种偏少, 但优势种的重要值较大, 整体丰富度较高, 尤其是落叶阔叶杂木林; 而距离公路越近, 外来物种越多, 优势种也随之增大, 但优势种的重要值缩小, 丰富度降低。从丰富度的变化趋势来看, 距离公路 20 m 处出现的低值, 足以说明公路对植物组成的负面影响。

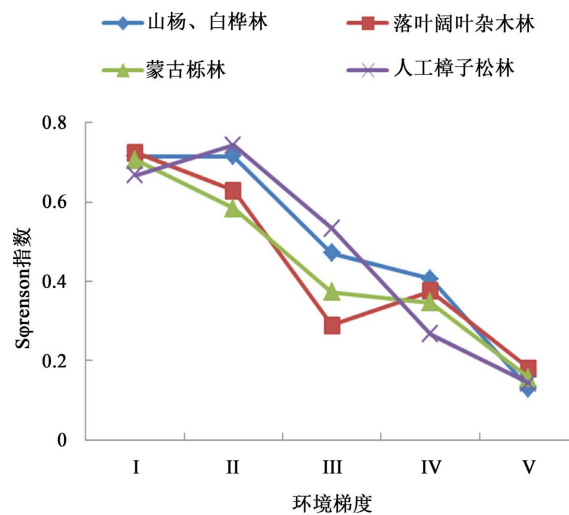


Figure 7. Change of Sørensen diversity  
图 7. Sørensen 多样性变化

## 5.2. 对植物物种多样性的影响

数据分析显示, 公路对沿线植物多样性的影响包括正、负两方面作用, 但总体上以负作用为主。从 Shannon-Wiener 多样性变化上可以看出, 远离公路的位置植物多样性最高, 随着与公路之间距离的拉近多样性总体上呈下降的趋势, 体现了公路的负面作用。公路的出现为外来物种的入侵提供了机会, 因为入侵种在土路肩分布的最多。但从物种的多样性上来看, 边沟外坡面上出现了峰值, 且含有少量的外来物种, 可以看作是本地种与外来种的融合, 体现出公路尚具有一定的正面作用。

从 Pielou 均匀度变化上可以看出, 随着与公路距离的拉近, 指数呈上升趋势, 说明公路破坏了原植物群落的稳定性, 也验证了公路对植物多样性的负面作用。以丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性为代表的  $\alpha$  多样性指标, 适合测量群落内部的种的多样性, 因此它从正面反映出, 远离公路时物种多样性变高; 以 Cody 多样性和 Sørensen 多样性为代表的  $\beta$  多样性指标, 一般指在一个梯度是上从一个生境到另一个生境所发生的种的多样性变化的速率和范围[15], 在本案中,  $\beta$  多样性的变化从反面反映出, 在接近公路的环境梯度中, 环境差异较大, 植物群落处于不稳定状态。

## 5.3. 影响的范围和程度

综合得出, 珲乌高速公路在植物组成和物种多样性方面, 对沿线植物群落的影响至少能达到 20 m 左右, 影响强度随着与公路距离的增加而逐渐减弱。

## 基金项目

吉林省教育厅“十三五”科学技术项目“珲乌高速公路(珲春-长春段)沿线生态景观模式研究”(JJKH20170252KJ)。

## 参考文献

- [1] 庄雨适, 段丽杰. 吉林省自然生态环境“十四五”规划重点任务设置思路[J]. 中国科技信息, 2021(14): 99-100.
- [2] 吉林省地方志编纂委员会. 吉林省志: 林业志[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1994.
- [3] 李秋雨, 朱麟奇, 王金玉. 全域旅游背景下吉林省旅游业-经济-社会-生态环境协调性研究[J]. 地理科学, 2020, 40(14): 948-955.



- [4] Forman, R.T.T. (1998) Road Ecology: A Solution for the Giant Embracing Us. *Landscape Ecology*, **13**, iii-v. <https://doi.org/10.1023/A:1008036602639>
- [5] Forman, R.T.T., 等. 道路生态学: 科学与解决方案[M]. 李太安, 安黎哲, 译. 北京: 高等教育出版社, 2008, 6.
- [6] 段昌群. 生态科学进展(第5卷) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010, 6.
- [7] 李月辉, 胡远满, 常禹, 等. 大兴安岭林区道路对植物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1112-1119.
- [8] 王东福. 长吉图开发开放先导区生态环境保护对策研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [9] 吉林省地方志编纂委员会. 吉林省志: 气象志[M]. 长春: 吉林人民出版社, 2012.
- [10] 新华社. 长吉图大通道贯通吉林珲春至图们高速建成通车[EB/OL]. 中央政府门户网站. [http://www.gov.cn/jrzq/2010-09/27/content\\_1710979.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2010-09/27/content_1710979.htm), 2010-09-27.
- [11] 吉林省地方志编纂委员会. 吉林省志: 自然地理志[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1994.
- [12] 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): 83-90.
- [13] 张金屯. 数量生态学[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2011.
- [14] 冷平生. 园林生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [15] 陈圣宾, 欧阳志云, 徐卫华, 肖焱. Beta 多样性研究进展[J]. 湿地多样性, 2010, 18(4): 323-335.