

浅析青藏高原铁路建设的外来物种入侵风险

杨乐¹ 李继荣^{1,2} 曹建² 仓决卓玛¹ 李来兴^{2*}

(1. 西藏自治区高原生物研究所, 西藏 拉萨 850001;

2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008)

摘要: 交通干线的建设和生物入侵的发生紧密相关, 由于青藏高原环境的脆弱性, 在该区进行交通设施建设更须警惕外来物种入侵的风险。围绕青藏高原这一特殊自然地理区域的铁路建设, 初步分析了铁路建设和运行带来的环境变化, 同时结合青藏高原生态系统的特点, 分析了可能造成的生物入侵风险, 并针对生物入侵的防范提出了相关建议。

关键词: 青藏高原; 铁路; 生态环境; 外来物种; 入侵风险

中图分类号: X171.1

文献标志码: B

文章编号: 1006-2009(2016)03-0061-04

A Brief Analysis of Risk of Invasive Species Caused by the Tibetan Plateau Railway Construction

YANG Le¹ , LI Ji-rong^{1,2} , CAO Jian² , CANG-JUE Zhuo-ma¹ , LI Lai-xing^{2*}

(1. Tibet Plateau Institute of Biology , Lhasa , Xizang 850001 , China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology , Chinese Academy of Science , Xining , Qinghai 810008 , China)

Abstract: The occurrence of biological invasion is closely related to the construction of traffic trunk. Due to the fragility of the Tibetan Plateau environment , it is more needed to guard against the risk of invasive species during the construction of transport infrastructure in this region. This article revolved around the railway construction of the Tibetan Plateau , where is an area of special natural geography , preliminary analyzed the environmental changes caused by railway construction and operation and possible risks of biological invasion combined with the characteristics of the Tibetan Plateau ecological system. Some suggestions were made to prevent biological invasion of Tibet.

Key words: Tibetan Plateau; Railway; Ecological environment; Non-native species; Invasion risk

外来物种(Non-native Species)指那些出现在其过去或现在的自然分布范围及扩散潜力以外的物种、亚种或以下的分类单元,包括其所有可能存活继而繁殖的部分、配子或繁殖体^[1]。当外来物种的建立和扩散威胁到生态系统、生境和物种,造成经济或环境危害时才称之为外来入侵种(Invasive Alien Species)^[2-3]。外来物种入侵对于环境和生物多样性而言是极其严重的威胁^[4]。

青藏高原素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称,对中国乃至整个东亚的地理环境格局和气候变化都具有深刻影响,是亚洲最重要的江河源区,发育了除海洋生态系统之外几乎所有的陆地生态系统,是全球重要的生物物种基因库^[5-6]。一旦生态

系统的结构和功能发生改变,就有可能影响其自身的完整性和抵抗力,导致生态位出现空白^[7],在一定程度上为外来物种入侵创造条件。

目前,国内对于青藏高原外来物种入侵的研究还较为有限,而近年来高原铁路建设正在快速发展,继2006年青藏铁路正式投入运营之后,2014年拉日铁路正式通车,同年拉林铁路也开工建设。

收稿日期:2015-09-16; 修订日期:2016-03-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31360141); 国家环保公益性行业科研专项基金资助项目(200709017); 西藏自治区科技重大专项基金资助项目(2015XZ01G7205)

作者简介:杨乐(1982—)男,湖南怀化人,助理研究员,硕士,主要从事青藏高原动物生态与生物多样性方面的研究。

* 通讯作者:李来兴 E-mail: lxli@nwipb.cas.cn

在此背景下,开展高原铁路建设的外来物种入侵风险分析显得尤为重要。今从铁路建成运行后引起的环境变化入手,进而推断外来物种的潜在入侵途径并提出应对建议,旨在预防青藏高原铁路建设的外来物种入侵风险,健全青藏高原生物入侵预警体系,推动高原生态安全屏障的保护与建设。

1 铁路建设和运行带来的环境变化

在青藏高原环境下,铁路的建设和运行不可避免地要改变与此相关的物理环境,这种变化可以划分为建设过程造成的变化和运行过程造成的变化2类。以青藏铁路拉萨—格尔木段的冻土融化问题为例,该段铁路的建设过程跨越720 km的多年冻土区,周围环境的细微干扰都会导致冻土发生显著变化,而冻土受到干扰加速融化又会影响铁路路基的稳定性;铁路运行过程可能对冻土地带形成持续的扰动,造成地表的高寒草甸因为冻土层下移而失去地下水的供给^[8],从而使植被群落发生不可逆的改变而使外来物种的入侵成为可能^[9]。由于我国科学家长期以来对青藏高原永久冻土分布、形成和变化规律的深入研究,建设过程带来的环境变化已有科学应对措施^[8],而运行过程中的环境变化仍有待长期观察和监测。

1.1 建设过程造成的环境变化

高原铁路建设过程造成的物理环境变化依据其持续时间,可以划分为临时性和长期性2类。

1.1.1 临时性的环境变化

铁路建设造成的物理环境临时性变化大致包括以下类型:①建设者生活区;②建筑材料堆放地;③临时交通线;④建筑材料加工区;⑤停车场;⑥建设期水源地等。其特点是:①存在周期与建设周期几乎同步;②使原有的物理环境或生态系统发生了根本性质的变化;③虽然在建设项目完成后这些环境会向原有的特点方向逐渐恢复,但需要的时间相差悬殊,有些能很快恢复,有些则恢复缓慢;④人类行为可以控制其性质改变的程度;⑤人类行为可以改变其扩展的幅度。

1.1.2 长期性的环境变化

在高原环境下铁路建设造成的长期性或永久性环境变化大致包括以下类型:①铁道;②桥梁;③隧道;④护坡;⑤防洪堤;⑥排水渠;⑦防沙障;⑧电力供给设施;⑨通信设施;⑩围栏保障设施等。其特点是:物理结构一旦形成就不会再改变,对沿

线植被、动物栖息地产生切割作用,使生态系统的破碎化明显。对于植物而言,极有可能改变其群落结构;对于动物而言,切碎了其栖息环境,减少了栖息地面积。

1.2 运行过程造成的环境变化

在铁路建设期产生的一些长期存在的物理环境如上所述,而铁路运行后所长期存在的一些影响会在此基础上逐渐叠加。如伴随着铁路交通而来的生态干扰因子(视觉干扰、噪声干扰、污染物等)导致铁路附近的栖息地环境质量下降,使动物在选择生境时尽可能回避铁路^[10-12]。虽然生命体在外部环境发生变化时会调整自身的生存策略,但是由于环境适应的时滞性,这种影响在一定的时间周期后可能表现得非常剧烈^[13-14]。

1.2.1 逐渐加剧的环境变化

逐渐加剧的环境变化包括:①人类干扰;②非草场面积;③城镇规模;④铁路输送量;⑤货场;⑥仓库;⑦垃圾场。上述变化都是伴随着铁路开通后沿线人类活动的增加而形成。

1.2.2 逐渐减缓的环境变化

逐渐减缓的环境变化包括:①噪声环境;②震动环境;③排放;④非理性干扰等。其特点是:生物或人类会逐渐适应一些反复出现的干扰,从而从另一个角度表现为这些环境变化的作用逐渐减弱。换言之,随着人类环境意识的提高,会对自身行为有所规范,就环境的时效而言,由此产生的环境变化也会逐渐减弱。

1.2.3 与时间无关的环境变化

一些环境变化可能与时间进程无关,或者关联性很小,甚至往往被随机事件所左右,包括:①车站立地;②气候波动;③旅客数量等。此类环境变化叠加在其他固定物理环境所产生的效应上,还需要开展进一步研究。

2 铁路可能给生物入侵提供的便利

交通密度和入侵植物的密度关系密切^[15-18]。交通道路建设造成生境破碎化并导致生境扰动^[19],所形成的空白生态位为外来植物入侵创造了机会^[7]。同时,频繁的交通运输增加了植物种子或其他繁殖体的扩散机会^[20]。对青藏铁路一期工程所造成的栖息地变化研究表明^[21-22],啮齿动物的种群密度和群落结构在与铁路不同距离的样带之间有明显的不同,极有可能铁路修建与运营为

啮齿动物提供了合适的生存环境与额外的食物资源。

2.1 铁路建设带来新的栖息地类型

随着铁路的建成和运行,许多新的物理环境业已形成,提供了复杂的生境类型并造成一定的生态位空白,有可能成为入侵发生的开端。此类栖息地包括:①铁路;②隧道;③桥梁;④铁路护坡;⑤排水沟;⑥防洪堤;⑦通信塔;⑧输电线路和铁塔;⑨牲畜防护栏;⑩取料场。此外,还有一些特殊区域,如:①施工期遗迹;②货场和仓库;③新居民点;④垃圾场;⑤集贸市场等。这些都是外来物种容易形成入侵的重点区域。

2.2 铁路运输可能拓宽入侵途径

随着铁路交通的日趋快捷,来自全国各地列车的携运作用是潜在外来物种进入的重要原因。Smith^[23]对阿根廷虹臭蚁(*Iridomyrmex humilis*)的研究发现,这种原产于南美洲的蚂蚁活动范围很小,且繁殖均在巢穴中完成,并不具备成为入侵生物的特点,是美洲铁路运输的兴起使其在美国境内迅速扩散。依据铁路运输的特点,大致可以将夹带模式分为:①集装箱夹带;②其他密封环境夹带;③生活日用品运输中的夹带;④客运列车的餐车和行李夹带;⑤旅客自行夹带;⑥货物夹带;⑦货物包装箱夹带等。列车自身也可能成为携带工具,将一些能够耐受车厢内外物理环境的微生物、孢子、虫卵等携带进来,而这些生物体是外来物种监测最难防范的部分。

2.3 铁路的辐射效应

铁路的建设和运行必然会带动沿线地区的经济发展和人口聚集,将在一定程度上加大人类活动对生态系统的影响,使入侵更容易发生。

3 防范应对建议

国际贸易迅速发展,人类交流日趋频繁,外来物种入侵已经成为一个世界性的生态与经济问题^[24]。加上全球气候变化的影响,外来物种入侵在不久的将来可能愈演愈烈,建议在以下几个方面做好防范应对。

3.1 建立健全法规,加强外来物种管理

建立健全生物入侵相关的法律法规,对相关行为加以约束,考虑到青藏高原生态环境的脆弱性,标准应更为严格;加强铁路运输过程中外来物种的监管,降低无意引入的概率;对因养殖、生产或生物

防控拟引入青藏高原的物种,要严格申报、审批的流程,开展多方论证,以确定其风险性和可行性,并强化追责的条款。

3.2 针对生境改变等敏感环节,完善监测预警和应急处理机制

构建青藏高原外来物种入侵监测预警体系,在新修铁路沿线设置包括不同栖息地类型的监测点,对铁路沿线的土壤结构、植被演替、动植物种群变化情况开展长期、定时、定点的观测与监控,对于因隧道、临时居所和排水沟渠等建设带来的栖息地生境变化应加强植被的恢复与重建。在应急处理方面,分析物种扩散与铁路施工运营的相关性,并进行风险评估^[25-26]。对于已经形成的入侵外来物种,要迅速在第一时间以较小的代价实施根除^[27];对于无法根除的物种,要建立专项数据库,针对其分布和密度开展重点监测,并采取有效措施限制其扩散速度。

3.3 开展科学研究,增强公众的生态安全意识

针对生物入侵的动态过程和变化规律开展深入研究,加强外来入侵物种快速识别、抑制因子调控和生态修复等方面的专项技术攻关^[28],在掌握入侵物种扩散机制的基础上,构建并完善外来入侵物种的防控机制,从根本上减少入侵的影响。通过科普宣传,增强公众的生态安全意识,对放生等可能引入外来物种的活动加以良性引导。

[参考文献]

- [1] 李振宇,解炎. 中国外来物种[M]. 北京: 中国林业出版社 2002.
- [2] UNEP. 生物多样性公约[R]. Nairobi: UNEP, 1992.
- [3] MAC M J, OPLER P A, HAECKER C E P, et al. Status and trends of the nation's biological resources [M]. Reston: U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, 1998.
- [4] MACK R N. Assessing the extent, status, and dynamism of plant invasions: Current and emerging approaches [M]. Washington: Island Press, 2000.
- [5] 西藏自治区地方志编纂委员会. 西藏自治区志: 动物志[M]. 北京: 中国藏学出版社, 2003.
- [6] 钟祥浩, 王小丹, 刘淑珍, 等. 青藏高原生态安全[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [7] TROMBULAK S C, FRISSELL C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities [J]. Conservation Biology, 2000, 14(1): 18-30.
- [8] 郑度, 张锦锂. 青藏铁路沿线生态与环境安全[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2009.
- [9] 徐汝梅. 生物入侵: 理论与实践[M]. 北京: 科学出版

社 2003.

[10] REIJNEN R ,FOPPEN R ,MEEUWSEN H. The effects of traffic on the density of breeding birds in dutch agricultural grasslands [J]. *Biological Conservation* ,1996 ,75(3) :255 – 260.

[11] MELELLAN B N ,SHACKLETON D M. Grizzly bears and resource extraction industries: effects of roads on behavior ,habitat use and demography [J]. *Journal of Applied Ecology* ,1988 ,25(2) :451 – 460.

[12] FOPPEN R ,REIJNEN R. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. II. Breeding dispersal of male willow warblers *phylloscopus trochilus* in relation to the proximity of a highway [J]. *Journal of Applied Ecology* ,1994 ,31(1) :95 – 101.

[13] AND R T T F ,ALEXANDER L E. Roads and their major ecological effects [J]. *Annual Review of Ecology & Systematics* ,2003 ,29(4) :207 – 231.

[14] SCOT T F C ,JOSÉE B. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands [J]. *Conservation Biology* ,2000 ,14(1) :86 – 94.

[15] TYSER R W ,WORLEY C A. Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park ,Montana (USA) [J]. *Conservation Biology* ,1992 ,6(2) :253 – 262.

[16] MCKINNEY C L. Effects of human population ,area ,and time on non-native plant and fish diversity in the United States [J]. *Biological Conservation* ,2001 ,100(2) :243 – 252.

[17] GELBARD J L ,BELNAP J. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape [J]. *Conservation Biology* ,2003 ,17(2) :420 – 432.

[18] 吴晓雯 ,罗晶 ,陈家宽 ,等. 中国外来入侵植物的分布格局及其与环境因子和人类活动的关系 [J]. *植物生态学报* ,2006 ,30(4) :576 – 584.

[19] SPELLERBERG I F. Ecological effects of roads and traffic: a literature review [J]. *Global Ecology and Biogeography* ,1998 ,7(5) :317 – 333.

[20] HOURDEQUIN M. Special section: Ecological effects of roads [J]. *Conservation Biology* ,2000 ,14(1) :16 – 17.

[21] 杨生妹 ,淮虎银 ,张锦铨 ,等. 青藏铁路温性草原区铁路运营对啮齿动物群落结构的影响 [J]. *兽类学报* ,2006 ,26(3) :267 – 273.

[22] 淮虎银 ,魏万红 ,张锦铨. 青藏铁路温性草原区路域植被自然恢复过程中群落组成和物种多样性变化 [J]. *山地学报* ,2005 ,23(6) :6657 – 6662.

[23] SMITH M R. Distribution of the argentine ant in the United States and suggestions for its control or eradication [R]. Washington D. C. : United States Department of Agriculture ,1936.

[24] 郑景明 ,马克平. 入侵生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社 2010.

[25] 曹骞 ,陈宏观 ,顾晓霞 ,等. 风险管理标准在环境监测站的应用 [J]. *环境监测管理和技术* ,2015 ,27(2) :1 – 4.

[26] 李艳萍 ,张浩 ,周国栋. 完善环境监测技术监督体系的思考 [J]. *环境监测管理和技术* ,2014 ,26(6) :5 – 8.

[27] ZAVALETA E S ,HOBBS R J ,MOONEY H A. Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context [J]. *Trends in Ecology & Evolution* ,2001 ,16(1) :454 – 459.

[28] 万方浩 ,郭建英 ,张峰. 中国生物入侵研究 [M]. 北京: 科学出版社 2009.

(上接第 53 页)

表 1 加标回收试验结果

Table 1 Results of method precision and recovery

加标量 $\rho / (\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	化合物	测定均值 $\rho / (\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	RSD/%	回收率/%
10.0	丙烯醛	9.04	6.7	90.4
	丙烯腈	9.21	5.4	92.1
50.0	丙烯醛	47.2	4.1	94.4
	丙烯腈	48.6	4.8	97.2
200	丙烯醛	196	3.6	97.8
	丙烯腈	197	2.8	98.3

3 结语

采用吹扫捕集 – 气相色谱 / 质谱联用法测定水中丙烯醛和丙烯腈 , 灵敏度高 , 精密度和准确度良好 , 符合质量控制的要求。

[参考文献]

[1] 唐洪 ,王坤 ,陈炳灿 ,等. 气相色谱法同时测定工作场所中丙烯醛、丙烯酸和甲苯 [J]. *中国卫生检验杂志* ,2005 ,15(9) :

1068 – 1069.

[2] 刘颖 ,胡万胜 ,潘洪志. 气相色谱法测定香烟中丙烯醛的研究 [J]. *化学与黏合* ,2005 ,27(5) :323 – 324.

[3] 吴银菊 ,龙加洪 ,许雄飞 ,等. 水中乙醛、丙烯醛和丙烯腈 3 种测定方法的对比 [J]. *环境监测管理和技术* ,2013 ,25(2) :50 – 53.

[4] 吕桂宾 ,侯晓玲 ,屈秋 ,等. 顶空 – 气相色谱 – 离子阱质谱法测定水中的乙醛、丙烯醛、丙烯腈和松节油 [C] // 中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 中国环境科学学会 ,2012: 606 – 609.

[5] 周泓 ,万群 ,黄卫 ,等. 饮用水源水中丙烯醛测定方法改进 [J]. *环境监测管理和技术* ,2011 ,23(1) :61 – 63.

[6] 韩长绵 ,王敬贤 ,闵守祥. 顶空气相色谱法测定水中丙烯醛 [J]. *环境科学与技术* ,1999 (4) :45 – 47.

[7] 胡小芳 ,曾东宝 ,巢猛 ,等. 顶空气相色谱法测定水中丙烯腈的研究 [J]. *环境研究与监测* ,2010(1) :6 – 7.

[8] 孙睿华. 动态顶空气相色谱法测定水中极性水溶性有机物 [J]. *环境监测管理和技术* ,2014 ,26(5) :43 – 45.

[9] 环境保护部. HJ 168—2010 环境监测 分析方法标准制修订技术导则 [S]. 北京: 中国环境科学出版社 2010.

本栏目编辑 吴珊