

高寒草原路域人为干扰区土壤及植被修复研究

邵蕊¹, 王文瑞², 史坤博², 刘颖慧¹

(1. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875; 2. 兰州大学 资源环境学院, 兰州 730000)

摘 要:道路运行会对路域土壤和植被产生间接的破坏,采用样方法对国道 213 合作市郊段路域小型取土区进行调查。结果表明:人为干扰对路域生态环境造成了明显的破坏,路域人为取土区植被和土壤在自然状态下的整体修复情况一般。受地表径流影响,取土区中央土壤肥力自然修复较好,坡面土壤肥力自然修复较差。由于取土区中央特殊的生长环境,植被自然修复状况一般,植物种类与对照区明显不同;在土壤肥力和修复时间的双重作用下,坡面植被自然修复结果较差。因此,建议加强环保宣传,制定路域生态环境保护制度,及时对干扰区进行人工修复。

关键词:道路效应; 高寒草原; 土壤肥力; 植被生长; 国道 213

中图分类号:P967; P963; X37

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)06-0181-06

Research for Restoration of Soil and Vegetation in Human Disturbance Zone of Road in High-Cold Grassland Area

SHAO Rui¹, WANG Wen-rui², SHI Kun-bo², LIU Ying-hui¹

(1. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Road running damages the soil and vegetation indirectly. Small digging area nearby G213 in suburbs of Hezuo was surveyed in the sample plots. The results show that human disturbance has caused damage to eco-environment distinctly; the restoration of soil and vegetation on human disturbance zone under natural conditions is general. Affected by the surface runoff, the restoration of the soil fertility in the center of digging areas is better than that on the slope of digging areas. The restoration of the vegetation in center of digging areas is general, and the species of vegetation between the center of digging areas and contrast are distinctly different. The restoration of the vegetation on slope of digging areas is poor because of soil fertility and restoration time. According to the results of this research, the managements should strengthen the propaganda of environment protection, develop the system of protection environment of route, and carry out the artificial restoration in the human disturbance zone.

Key words: road effect; high-cold grassland; soil fertility; vegetation growth; state road 213

道路的修建和运行会对自然景观、路域环境、生态平衡等方面产生直接或间接地破坏^[1-5]。如今,道路生态学已成为学术界的研究热点。国外学者对于道路生态效应的研究始于 20 世纪 70 年代,已系统阐明了道路对路域生物物种与群落、生态系统、景观格局等的生态干扰^[6-10]。我国对道路生态学的研究起步较晚,自 20 世纪 90 年代以来,道路生态问题逐渐引起了国内相关学者的广泛关注,特殊的高寒草原区

的道路生态效应研究也成为学者们关注的热点^[11-15]。

道路交通对路域生态环境的干扰可分为直接生态效应和间接生态效应。直接生态效应主要表现在以下两个方面:(1)道路施工过程中土地占用、碾压等造成的生态环境破坏;(2)道路营运期间车辆的尾气、噪声和固体颗粒物等的扩散污染^[16]。间接生态效应主要表现为公路建设通过影响周边地区的经济、文化、观念和政策等,间接地改变政策导向和人类的

行为方式,进而引起更为复杂的环境、生态问题^[17]。在生态效应研究中,最重要的一点是要区别直接效应和间接效应,直接效应易于发现容易观测,间接效应则不是很显著而往往被忽视^[18],因此,实际研究中多数学者只考虑了道路交通的直接生态效应^[16,19-20],本研究将尝试对道路的间接生态效应进行一些初步探究。从时间尺度上来看,道路的运行导致道路两侧建设用地呈现明显增加趋势^[21-23],意味着道路路域的人类活动明显加剧,人类生态干扰明显增强,道路沿线生态系统面临着巨大的潜在威胁^[17,24]。

沿道路居住的居民出于生产生活的需要,通常私自采挖路域土壤,对生态脆弱区高寒草原产生了显著的间接生态效应,对取土区及其生态环境构成了严重的威胁。为了解取土区域土壤和植被的破坏程度和自然修复情况,以 213 国道合作市郊段为例,在道路两侧选取 5 个小型取土区作为研究对象加以探究,通过定量测算,明确道路交通间接生态效应的危害程度,以期为道路路域生态环境的保护与修复提出合理化建议。

表 1 取土区概况

取土区编号	纬度/N	经度/E	海拔/m	与 G213 距离/m	面积/m ²	取土年份
1	34°57′2.73″	102°52′51.75″	2960	36.4	124	2006
2	34°56′54.96″	102°52′48.05″	2974	92.3	50	2005
3	34°56′17.56″	102°52′2.79″	3000	13.4	48	2009
4	34°56′10.93″	102°52′2.87″	3013	17.7	103	2009
5	34°56′6.88″	102°52′2.69″	3013	32.9	79	2005

2 研究方法

2.1 调查方法

2013 年 7 月份前往合作市进行实地调查和样品采集。确定研究对象后,采用样方法进行植被生长状况的统计和土壤样品的采集。首先,在取土区中心低洼处设置 1 个 200 cm×200 cm 的大样方,在与取土区中心和边缘等距处分别设置 4 个 100 cm×100 cm 样方环绕于中心大样方四周,在取土区外距取土区边缘 10 m 处设置 4 个 100 cm×100 cm 对照样方环绕于取土区周围。为便于说明问题,研究规定取土区中心低洼处的大样方为 1 级样方,与取土区中心和边缘等距处的 4 个样方为 2 级样方,取土区外距取土区边缘 10 m 处的 4 个样方为 3 级样方。研究设置样方共计 45 个,记录指标包括样方内植物的平均高度、盖度、物种数量和种类等;采用对角法在样方中选取 5 个土壤取样点,用环刀法进行表层土壤(0—10 cm)的采集,共计采集土壤样品 225 个。

2.2 土壤样品处理方法

将采回的土壤样品带回实验室烘干过筛,测定土

1 研究区概况

国道 213 线是连接兰州和成都的交通线路,于 1968 年正式通车。研究区位于 G213 甘南藏族自治州合作市南郊段(34°56′6.88″—34°57′2.73″N,102°52′2.69″—102°52′51.75″E)。由于人类活动频繁,道路沿线出现了大量小型取土区。选取了 5 个较为典型的取土区作为研究对象(见表 1)。其中,1~2 号取土区周围地势平缓,3~5 号取土区的东西向两侧有低缓山丘。5 个取土区自取土后均未受到人工干扰,植被和土壤是在自然条件下的自我修复。5 个取土区的海拔高度 2 960~3 013 m,面积约 48~124 m²。道路及其载体交通流量对各种生态过程的影响范围形成道路影响域,其大小往往数 10 倍于道路本身^[2],G213 道路面宽度约 10~15 m,研究选取的 5 个取土区与道路最小相距 13.4 m,最大相距 92.3 m,均在 G213 影响域内。取土区采挖年份在 2005—2009 年之间,与本研究采样时间间隔约 4~8 a。

壤肥力各项指标,即土壤中的有机质、速效磷和水解氮。采用重铬酸钾法测定土壤中的有机质含量,碳酸氢钠浸提法测定土壤中的速效磷,碱解扩散法测定土壤中的水解氮。具体操作方法见参考文献[25]。

2.3 评价方法

2.3.1 土壤肥力评价方法 将每个样方中的 5 个土壤样品的各土壤肥力指标(有机质、速效磷和水解氮)分别求均值作为该样方土壤肥力状况。将取土区的中心大样方的土壤肥力作为该取土区中央区域的土壤肥力,即 1 级样方的土壤肥力;将取土区内环绕于中心大样方周围的 4 个小样方的土壤肥力各指标分别求均值作为取土区坡面的土壤肥力,即 2 级样方的土壤肥力;将取土区外环绕于取土区周围的 4 个小样方的土壤肥力各指标分别求均值作为取土区内土壤肥力的对照,即 3 级样方的土壤肥力。

2.3.2 植被生长评价方法 为准确评价取土区内植被生长和自然修复状况,分别计算各样方植被的高度、盖度、密度和种类数。将取土区的中心大样方各植被生长指标值除以 4 得到取土区中央位置单位面积(1 m²)的植被生长状况,即 1 级样方的植被生长指

标值;将取土区内环绕于中心大样方周围的 4 个小样方的植被生长各指标分别求均值作为取土区坡面的植被生长状况,即 2 级样方的植被生长指标值;将取土区外环绕于取土区周围的 4 个小样方的植被生长各指标分别求均值作为取土区内植被生长状况的对照,即 3 级样方的植被生长指标值。

2.3.3 数据处理方法 将原始数据准确输入 Excel 2003 中,统计各样方中土壤肥力和植被生长的各项评价指标,利用 SPSS 16.0 软件包进行植被生长各项评价指标值与土壤肥力的相关性分析。

表 2 研究区土壤含水率、有机质含量、速效磷含量和水解氮含量统计结果

土壤肥力指标	样方等级	取土区序号					均值
		1	2	3	4	5	
含水率	1	0.26	0.23	0.20	0.23	0.25	0.24
	2	0.26	0.18	0.14	0.21	0.23	0.20
	3	0.24	0.25	0.14	0.21	0.22	0.21
有机质含量/(g·kg ⁻¹)	1	34.65	30.30	14.13	18.20	38.20	27.10
	2	31.82	18.67	13.36	19.57	40.86	24.85
	3	44.59	37.24	17.83	27.09	44.08	34.17
速效磷含量/(mg·kg ⁻¹)	1	24.40	23.46	7.82	18.36	18.36	18.48
	2	14.55	26.82	10.30	12.24	10.48	14.88
	3	23.05	30.77	10.55	13.29	19.55	19.44
水解氮含量/(mg·kg ⁻¹)	1	141.75	161.00	61.95	72.33	198.33	127.07
	2	155.40	98.70	25.20	74.55	199.97	110.76
	3	199.15	143.62	72.38	92.69	225.93	146.75

1 号、2 号和 3 号取土区土壤有机质含量随着样方等级的升高呈现先降低后增加的趋势;其中,1 号和 3 号取土区土壤有机质含量在 1 级样方—2 级样方间呈缓降趋势,在 2 级样方—3 级样方间呈明显增加趋势,说明取土区中央的土壤有机质自然修复状况略好于坡面土壤有机质的自然修复状况;2 号取土区土壤有机质含量在 1 级样方—2 级样方间呈现明显的下降趋势,在 2 级样方—3 级样方间呈明显增加趋势,说明取土区中央土壤有机质的自然修复状况较好,坡面土壤有机质的自然修复状况较差。4 号和 5 号取土区土壤有机质含量随着样方等级的升高呈现递增趋势;其中,4 号取土区土壤有机质含量在 1 级样方—2 级样方间呈缓增趋势,在 2 级样方—3 级样方间呈明显增加趋势,说明取土区中央和坡面土壤有机质的自然修复状况均一般;5 号取土区土壤有机质含量随着样方等级的升高一直呈现缓增趋势,说明取土区中央和坡面土壤有机质自然修复较好。

1 号、4 号和 5 号取土区土壤速效磷含量随着样方等级的升高呈现先降低后增加的趋势;其中,1 号和 5 号取土区土壤速效磷含量在 1 级样方和 2 级样方间呈现明显的下降趋势,在 2 级样方和 3 级样方间

3 结果与分析

3.1 土壤自然修复状况

由表 2 可知,各研究区土壤含水率平均水平表现为:取土区中央土壤含水率较高,对照区含水率次之,坡面含水率较低。具体来看,1 号取土区中央和坡面土壤含水率较高,对照区土壤含水率较低;2 号取土区中央和对照区土壤含水率较高,坡面含水率较低;3 号、4 号和 5 号取土区中央土壤含水率较高,对照区含水率较低。

呈现明显的增加趋势,说明取土区中央土壤速效磷自然修复较好,坡面土壤速效磷自然修复较差;4 号取土区土壤速效磷含量在 1 级样方和 2 级样方间呈现明显的下降趋势,在 2 级样方和 3 级样方间趋于平稳,说明取土区中央土壤速效磷聚集作用明显。2 号取土区土壤速效磷含量随样方等级的升高呈明显的递增趋势,说明取土区中央土壤速效磷自然修复状况较差,坡面土壤速效磷自然修复一般。3 号取土区土壤速效磷含量在 1 级样方和 2 级样方间呈现明显的增加趋势,在 2 级样方和 3 级样方间趋于稳定,说明取土区中央土壤速效磷自然修复状况一般,坡面速效磷自然修复状况较好。

1 号取土区土壤水解氮含量在 1 级样方至 2 级样方间呈缓增趋势,2 级样方至 3 级样方间呈明显增加趋势,说明取土区中央和坡面土壤水解氮自然修复均一般。2 号和 3 号取土区土壤水解氮含量在 1 级样方至 2 级样方间呈快速下降趋势,在 2 级样方至 3 级样方间呈明显增加趋势,说明取土区中央土壤水解氮自然修复较好,坡面土壤水解氮自然修复较差。4 号和 5 号取土区土壤水解氮含量在 1 级样方至 2 级样方间较稳定,在 2 级样方至 3 级样方间呈缓慢增加趋势,

说明取土区中央和坡面土壤水解氮自然修复较好。

综合来看,5 个研究区土壤的各肥力指标均值随着 1 级样方—2 级样方—3 级样方的空间过度均呈现先降低后增加的趋势。将各取土区中央土壤含水率和土壤肥力各项指标进行相关性分析(见表 3),结果表明,取土区中央土壤的有机质含量和含水率间存在显著相关性,虽然土壤中的速效磷和水解氮含量与含水率的相关性未能通过显著性检验,但相关系数分别达到 0.791 和 0.744,因此,可认为中心土壤肥力与土壤含水量存在一定的相关性。由于取土区中央低洼,甘南气候湿润多雨,土壤养分会随着雨水的冲刷聚集于取土区中央,一定坡度坡面上径流速度大,营养物质易于流失,因此,导致了取土区中央土壤肥力较高,坡面土壤肥力较低的结果^[26-27]。

表 3 取土区中央土壤肥力与含水率的相关分析			
指标	有机质	速效磷	水解氮
含水率	0.890 *	0.791	0.744

* 表示 $p<0.05$ 显著水平。

3.2 植被生长状况

调查结果显示(见表 4),1 级样方的植被优势物种与 3 级样方有明显的差异,2 级样方植被优势物种常既含有 1 级样方的植被优势物种,又含有 3 级样方的植被优势物种(如 1 号、4 号和 5 号取土区),说明在取土区中心样方—坡面样方—对照样方的空间过度上体现了植被优势物种的过度特征。根据表 5 可知,在 1 级样方~2 级样方的空间过度上,植被的高度、密度、盖度和种类数增长幅度较小,甚至个别取土区有明显的下降趋势,在 2 级样方—3 级样方的空间过度上,植被各生长指标表现出明显的增长趋势。

具体来看(见表 5),5 个研究区草群高度平均水平在 1 级样方—2 级样方空间过度上表现出明显下降的特征,在 2 级样方—3 级样方空间过度上无明显差异。其中,1 号和 3 号取土区草群高度在 1 级样方—2 级样方—3 级样方空间过度上表现出平缓的渐增趋势,说明草群高度的自然修复状态较好。2 号取土区草群高度在 1 级样方—2 级样方的空间过度上表现出明显的下降趋势,在 2 级样方—3 级样方的空间过度上仍表现出明显的下降趋势,下降速率略有减缓;由表 4 可知,禾草叶麦冬(*Liriope graminifolia* L. Bak.)仅出现在了 2 号取土区 1 级样方和 2 级样方的优势物种中,没有出现在其他研究区各级样方优势物种中,该植物为百合科(*Liliaceae*)山麦冬属(*Liriope*),其叶长 20~50 cm,花葶长 20~46 cm,由于该种草群高度异常高于研究区其他植物种类,因此,2 号取土区草群高度变化趋势表现异常。4 号和

5 号取土区草群高度随着 1 级样方—2 级样方—3 级样方的空间过度表现出先下降后上升的趋势,说明取土区中心草群高度自然修复较好,坡面草群高度自然修复较差。

5 个研究区植物密度平均水平随着 1 级样方—2 级样方—3 级样方的空间过度表现出明显的持续递增趋势,在 1 级样方至 2 级样方间增加趋势相较 2 级样方至 3 级样方间略慢。其中,1 号和 4 号取土区植物密度在 1 级样方—2 级样方—3 级样方空间过度上表现出明显的递增趋势,4 号取土区植物密度在 1 级样方至 2 级样方间增加趋势相较 2 级样方至 3 级样方间略慢,说明 1 号和 4 号取土区中心植物密度自然修复较差,坡面植物密度自然修复状况一般。2 号、3 号和 5 号取土区植物密度在 1 级样方—2 级样方的空间过度上无明显差异,在 2 级样方至 3 级样方间增加趋势明显,说明取土区中心和坡面植物密度自然修复状况一般。

在植被盖度方面,5 个研究区植被盖度平均水平随着 1 级样方—2 级样方—3 级样方的空间过度表现出持续递增的趋势,在 1 级样方至 2 级样方间增加趋势较缓,在 2 级样方至 3 级样方间增加趋势较明显。其中,1 号和 4 号取土区植被盖度在 1 级样方—2 级样方—3 级样方空间过度上表现出明显的递增趋势,4 号取土区植被盖度在 1 级样方至 2 级样方间增加趋势相较 2 级样方至 3 级样方间略慢,说明 1 号和 4 号取土区中心植被盖度自然修复较差,坡面植被盖度自然修复状况一般。2 号、3 号和 5 号取土区植被盖度随着 1 级样方—2 级样方—3 级样方的空间过度表现出先缓降后增加的趋势,且在 2 级样方至 3 级样方间增加趋势明显,说明取土区中心和坡面植被盖度自然修复状况一般。

5 个研究区植物种类数平均水平随着 1 级样方—2 级样方—3 级样方的空间过度表现出先稳定后增加的趋势,且在 2 级样方至 3 级样方间增加趋势较明显。其中,1 号、2 号和 5 号取土区植物种类数在 1 级样方—2 级样方—3 级样方空间过度上表现出先降低后增加的趋势;1 号取土区降低和增加趋势均表现不明显,说明植物种类数的自然修复状况良好;2 号和 5 号取土区植物种类数在 1 级样方至 2 级样方间降低趋势较缓,在 2 级样方至 3 级样方间增加趋势较明显,说明取土区中心植物种类数的自然修复状况略好于取土区坡面植物种类数的自然修复状况。3 号取土区植物种类数在 1 级样方至 2 级样方间增加趋势较缓,在 2 级样方至 3 级样方间增加趋势明显,说明取土区中心和坡面植物种类数的自然修复结果一

般。4 号取土区植物种类数在 1 级样方至 2 级样方间说明取土区中心植物种类数自然修复结果一般,坡面增加趋势明显,在 2 级样方至 3 级样方间趋于稳定,植物种类数的自然修复结果较好。

表 4 研究区优势物种

取土区	样方等级	优势种
1 号	1	珠芽蓼(<i>Polygonum viviparum</i>),问荆(<i>Equisetum arvense</i> L.),鹅绒委陵菜(<i>Potentilla anserina</i> L.)
	2	珠芽蓼,鹅绒委陵菜,篇蓄(<i>Polygonum aviculare</i> L.)
	3	鹅绒委陵菜,篇蓄,白萼委陵菜(<i>Potentilla betoniciifolia</i> Poir.)
2 号	1	禾叶山麦冬(<i>Liriope graminifolia</i> L. Bak.),小花草玉梅(<i>Anemone rivularis</i> Buch.-Ham. var. flore-minore Maxim.)
	2	禾叶山麦冬,小花草玉梅
	3	珠芽蓼,线叶蒿(<i>Artemisia subulata</i> Nakai),冷蒿(<i>Artemisia frigida</i> Willd.)
3 号	1	盐地风毛菊(<i>Saussurea salsa</i>),冷蒿,蓼叶风毛菊(<i>Saussurea polygonifolia</i>)
	2	线叶蒿,冷蒿,蓼叶风毛菊
	3	珠芽蓼,篇蓄,鹅绒委陵菜
4 号	1	荆芥(<i>Nepetacataria</i> L.),冷蒿,篇蓄
	2	鹅绒委陵菜,线叶蒿,冷蒿
	3	鹅绒委陵菜,线叶蒿,紫花棘豆(<i>Oxytropis subfalcata</i> Hance)
5 号	1	莓叶委陵菜(<i>Potentilla ancistrifolia</i> Bge. var. dickinsii(Franch. etSav.)Koidz.),肉果草(<i>Lancea tibetica</i> Hook. f. et Hsuan.)
	2	肉果草,篇蓄,线叶蒿
	3	珠芽蓼,线叶蒿,鹅绒委陵菜

表 5 研究区草群高度、植物密度、植被盖度和物种数量统计结果

植物生长指标	样方等级	取土区序号					均值
		1	2	3	4	5	
草群高度/cm	1	2.16	24.75	3.31	6.67	3.05	7.99
	2	3.17	12.51	3.88	3.37	2.57	5.10
	3	5.40	5.20	4.86	4.28	5.18	4.98
植物密度/ (株·m ⁻²)	1	200.75	43.00	44.50	56.75	138.67	96.73
	2	317.88	41.25	55.50	99.50	143.80	131.59
	3	467.50	229.00	203.50	193.75	251.00	268.95
植被盖度/%	1	71.38	29.50	29.50	26.88	65.33	44.52
	2	82.25	28.50	24.50	43.00	61.20	47.89
	3	99.00	81.00	48.00	71.25	96.67	79.18
植物种数/个	1	12.50	5.00	5.50	6.88	8.50	7.68
	2	12.00	4.25	6.00	8.75	7.60	7.72
	3	12.75	6.50	9.00	8.75	11.67	9.73

3.3 土壤肥料与植被生长相关性分析

将取土区中央和坡面的土壤肥力各项指标值和植被生长各项指标值与对照区相比,即可得取土区中央和坡面的土壤和植被恢复度。

甘南地区湿润多雨,在雨季期间,低洼的取土区中央会较长时间地存有积水。将取土区中央土壤肥力恢复度与植被生长各指标恢复度进行相关分析(见表 6),结果表明,植被的各生长指标恢复度与土壤肥力各项指标恢复度均无明显的相关性,即虽然取土区中央土壤肥力恢复较好,但不能直接改善植被的生长状况,取土区内常存有积水限制了植被的生长。取土区中央特殊的生长环境是取土区中央植物种类明显不同于对照区的主要原因。

表 6 取土区中央土壤肥力恢复度与植被生长各指标恢复度的相关分析

指标	高度	密度	盖度	种类数
有机质	0.030	0.383	0.491	-0.210
速效磷	-0.282	0.259	-0.205	0.449
水解氮	0.876	-0.473	-0.556	-0.398

* 表示 $p<0.05$ 显著水平。

将取土区坡面土壤肥力恢复度与植被生长各项指标恢复度进行相关分析(见表 7),结果表明,植被的各生长指标恢复度与土壤肥力各项指标恢复度均无明显的相关性,即虽然取土区坡面土壤肥力高低对植被的生长状况不能造成直接影响。相关研究表明,坡面土壤肥力会随着时间的延长而降低^[26-27],植被自然修复状况会随着时间的延长而逐步改善^[28],植被

的修复状况亦受到时间的明显限制,即当坡面土壤肥力较高时,说明该坡面处于破坏初期,植被生长状况较差;当坡面土壤肥力较低时,说明该坡面已被破坏较长时间,虽然植被已经有了较长时间的自然修复,但土壤逐渐贫瘠,植被生长状况较差。

表 7 取土区坡面土壤肥力恢复度与
植被生长各指标恢复度的相关分析

指标	高度	密度	盖度	种类数
有机质	−0.872	0.615	0.540	−0.027
速效磷	0.401	−0.710	−0.606	0.033
水解氮	−0.145	0.647	0.407	0.370

* 表示 $p<0.05$ 显著水平。

4 结论与建议

通过对 G213 合作市南郊段路域人为破坏区(取土区)植被和土壤的调查研究,得出以下主要结论:

(1) 由于取土区中央低洼,甘南气候湿润多雨,土壤养分会随着雨水的冲刷聚集于取土区中央,一定坡度坡面上径流速度大,营养物质易于流失,因此,导致了取土区中央土壤肥力较高,坡面土壤肥力较低的结果。

(2) 整体来看,取土区中央和坡面植被的自然修复状况一般;由于受到积水的影响,虽然土壤肥力较高,但取土区中央植被自然修复结果不够理想;在土壤肥力和修复时间的双重作用下,取土区坡面植被自然修复结果较差。

(3) 取土区中央和对照区的环境差异大,导致植被优势物种明显不同。

研究结论表明,路域人为取土区植被和土壤在自然状态下的整体修复一般,对路域生态环境造成了明显的破坏。据此,提出以下建议:①加强生态保护宣传,提高道路沿线居民的环保意识;②制定严格的人为取土管理制度,限制人为取土区域,禁止道路沿线居民随意采挖草原土壤;③及时对人为取土区的植被和土壤进行人工修复。

本研究以小型的人为取土区为例对 G213 高寒草原区段的道路交通间接生态效应进行了调查研究,今后可扩大研究对象范围,如道路沿线工矿区等,对高寒草原区道路交通间接生态影响状况作进一步探讨。

参考文献:

[1] 汪自书,曾辉,魏建兵. 道路生态学中的景观生态问题[J]. 生态学杂志,2007,26(10):1665-1670.

[2] 丁宏,金永焕,崔建国,等. 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.

[3] 胡忠军,于长青,徐宏发,等. 道路对陆栖野生动物的生态学影响[J]. 生态学杂志,2005,24(4):433-437.

[4] 李俊生,张晓岚,吴晓蕾,等. 道路交通的生态影响研究综述[J]. 生态环境学报,2009,18(3):1169-1175.

[5] 王云,崔鹏,李海峰. 道路景观生态学研究进展[J]. 世界科技研究与发展,2006,28(2):90-95.

[6] Carr L W, Fahrig L. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility[J]. Conservation Biology,2001,15(4):1071-1078.

[7] Puglisi M J, Lindzey J S, Bellis E D. Factors associated with highway mortality of white-tailed deer [J]. The Journal of Wildlife Management,1974,38(4):799-807.

[8] Clarke G P, White P C L, Harris S. Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England [J]. Biological Conservation,1998,86(2):117-124.

[9] 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.

[10] Jones J A, Swanson F J, Wemple B C, et al. Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks[J]. Conservation Biology, 2000,14(1):76-85.

[11] 陈辉,李双成,郑度. 青藏公路铁路沿线生态系统特征及道路修建对其影响[J]. 山地学报,2003,21(5):559-567.

[12] 王乾,罗鹏,吴宁,等. 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] 韩海涛,祝小妮. 气候变化与人类活动对玛曲地区生态环境的影响[J]. 中国沙漠,2007,27(4):608-613.

[14] 巨天珍,石垚,安黎哲,等. 公路建设期路域生态区植物种群空间分布格局:以宝(鸡)天(水)高速公路为例[J]. 生态学报,2008,28(7):3365-3374.

[15] 陈蓓,马睿,秦纪洪,等. 若尔盖湿地公路建设生态恢复中植物群落多样性与相似性研究[J]. 水土保持研究, 2013,20(4):115-119.

[16] 石垚. 路域植物群落生态及植被修复研究[D]. 兰州:西北师范大学,2007.

[17] 衷平,杨志峰,崔保山,等. 公路对湿地的生态效应及其反馈的研究进展[J]. 湿地科学,2009,7(1):89-98.

[18] Krivtsov V. Investigations of indirect relationships in ecology and environmental sciences: a review and the implications for comparative theoretical ecosystem analysis[J]. Ecological Modelling,2004,174(1):37-54.

[19] 刘杰,陈帆,朱建军,等. 道路工程胁迫下生态系统适宜性研究[J]. 水土保持研究,2009,16(6):10-15.

[20] 田红卫,黄志荣,高照良,等. 高速公路路域土壤特性分析及其质量评价[J]. 水土保持研究,2012,19(5):59-64.

呈下降趋势,直到1998年后才略有改变,这一结论与全国日照时数下降的大体趋势相一致^[19-20];四季日照时数和全年变化趋势相一致,呈减少趋势,其中,春季日照时数减少量最大,为7.67 h/10 a,是日照时数减少的最大贡献者,其次冬季,夏季和秋季贡献最少;全年和四季日照时数的年代际变化均呈非一致减少趋势。

黑龙江省气候资源的变化对农业的影响生产有利有弊。黑龙江省平均气温显著升高,有利于低温冷害的减少,同时对作物出苗期提前、免遭霜冻袭击也有一定帮助作用。但是,近52 a来,黑龙江省日照时数减少,会对作物光合作用不利,影响物质积累,进而影响作物产量,同时年降水量的减少,可能会造成农业水资源紧张,干旱天数增加等。因此,在气候变化背景下,如何更好的适应气候资源变化,有效调整耕种制度,引进适宜品种,是当前黑龙江省农业急需解决的问题。

参考文献:

- [1] 王昭武. 近百年来气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273.
- [2] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近45a来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [3] 王昭武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] Hansen J, Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature [J]. Journal of Geophysical Research, 1987, 92(D11): 13345-13372.
- [5] Karl T R, Jones P D, Knight R W. A new perspective on recent global warming: Asymmetric trends of maximum and minimum temperature [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1993, 74(6): 1007-

1023.

- [6] 钱锦霞, 赵桂香, 李芬. 晋中市近40a气候变化特征及其对玉米生产的影响[J]. 中国农业生态, 2006, 27(2): 125-129.
- [7] 车少静, 智利辉, 冯立辉. 气候变暖对石家庄冬小麦主要生育期的影响及对策[J]. 中国农业生态, 2005, 26(3): 180-185.
- [8] 李发鹏, 李景玉, 徐宗学. 东北黑土区土壤退化及水土流失研究现状[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 50-54.
- [9] 王媛, 方修琦, 徐钺, 等. 气候变暖与东北地区水稻种植的适应行为[J]. 资源科学, 2005, 27(1): 121-127.
- [10] 贾建英, 郭建平. 东北地区近46a玉米气候资源变化研究[J]. 中国农业气象, 2009, 30(3): 302-307.
- [11] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [12] 谭方颖, 王建林, 宋迎波, 等. 华北平原近45a农业气候资源变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2009, 30(1): 19-24.
- [13] 向波, 高阳华. 重庆市低温冷害的分类与指标及其时空分布规律研究[J]. 贵州气象, 2003, 27(2): 12-16.
- [14] 陈莉, 方丽娟, 张少峰, 等. 黑龙江省草地螟第三暴发周期气候特征及风险概率[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(3): 67-72.
- [15] 唐国利, 丁一汇, 王少武, 等. 中国近百年温度曲线的对比分析[J]. 气候与环境研究进展, 2009, 5(2): 71-78.
- [16] 唐国利, 任国玉. 近百年中国地表气温变化趋势的再分析[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 791-798.
- [17] 陈晶, 杨帆, 田宝兴, 等. 黑龙江省黑土区近50年来四季气温时空变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 1-5.
- [18] 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理[M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [19] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近50a中国地面气候变化基本特征[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 701-711.
- [20] 赵冬, 罗勇, 高歌, 等. 1961—2007年中国日照的演变及其关键气候特征[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 701-711.

(上接第186页)

- [21] 刘世梁, 崔保山, 杨志峰, 等. 道路网络对澜沧江流域典型区土地利用变化的驱动分析[J]. 环境科学学报, 2006, 26(1): 162-167.
- [22] 田雷, 沈毅, 李宗禹, 等. 3S技术支持下的公路路域景观格局特征变化研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2): 168-173.
- [23] 韩倩倩, 潮洛濛, 王山林. 高速公路对沿途土地利用及景观格局的影响: 以内蒙古省道103线蒲滩村到城壕段为例[J]. 环境保护科学, 2009, 35(5): 58-61.
- [24] 肖晓妮. 公路建设对湿地的影响及减缓措施研究[D]. 西安: 长安大学, 2007.

- [25] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [26] 潘树林, 周顺涛, 辜彬. 坡度和坡位对岩质边坡早期生态恢复土壤养分变异性的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 289-292.
- [27] 黄利玲, 王子芳, 高明, 等. 三峡库区紫色土旱坡地不同坡度土壤磷素流失特征研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(1): 30-33.
- [28] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程[J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 188-191.