

黄河东,李 东. 中国城市群城镇化与生态环境耦合协调关系评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(21):268-272.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.067

# 中国城市群城镇化与生态环境耦合协调关系评价

黄河东<sup>1,2</sup>, 李 东<sup>2</sup>

(1. 贺州学院党委办公室,广西贺州 542899; 2. 哈尔滨工业大学管理学院,黑龙江哈尔滨 150006)

**摘要:**以中国 19 个城市群为研究单元,构建评价指标体系及耦合协调模型,对 2015 年城市群城镇化与生态环境的耦合关系进行比较分析。结果表明,19 个城市群城镇化与生态环境的耦合度介于 0.347~0.500 之间,处于较低协调发展水平的拮抗阶段;19 个城市群城镇化与生态环境涵盖高度、中度、低度 3 种耦合协调发展类型,分别占 15.79%、68.42%、15.79%,呈两头小、中间大的橄榄型结构;19 个城市群城镇化与生态环境耦合协调发展的地区差异明显,表现为东部地区>中部地区>西部地区。

**关键词:**耦合协调;城镇化;生态环境;城市群

**中图分类号:** F291 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)21-0268-04

城镇化与生态环境的耦合协调关系成为城市发展研究的重要问题,国内外学者从经济学、生态学、环境学等不同学科领域进行了大量研究。从国外学者的研究看,Howard 在《明日:一条通往真正改革的和平道路》一书中提出建设“田园城市”的设想,以应对当时城市面临的贫困、拥挤和生活条件恶化等困境;Carson 在《寂静的春天》中揭露了工业化发展对生态环境造成的严重污染问题,倡导工业发展应注重保护生态环境;Meadows 的《增长的极限》和 Goldsmith 的《生命的蓝图》的发表,唤醒了人们对城镇化引发的生态环境问题的重视;Pearce 根据城市发展不同阶段引起的资源环境问题,提出城市发展阶段环境对策模型<sup>[1]</sup>;Grossman 等揭示了随着城市经济的发展,生态环境质量呈倒“U”形的演变规律<sup>[2]</sup>;Rork 等提出城镇化与生态环境关系的双对数模型<sup>[3]</sup>。从国内学者的研究看,马世骏等提出“社会-经济-自然”复合生态系统,开创了城市生态学的新理论<sup>[4]</sup>;王如松认为,城市是在生态环境正负反馈因子交替作用下的成长过程,城市成长与生态环境之间存在着反馈和限制性机理<sup>[5]</sup>。黄金川等认为,城镇化与生态环境的交互耦合关系为一条双指数曲线<sup>[6]</sup>;乔标等认为,城市化是城市化的各个方面与生态环境综合协调、交互胁迫的耦合发展过程<sup>[7]</sup>;刘耀彬分别对江苏省及江西省的城市化与生态环境之间的关系进行了综合测度分析<sup>[8-9]</sup>。王少剑等对京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系进行了定量分析<sup>[10]</sup>;张荣天等研究了中国省际城镇化与生态环境的耦合协调的空间演化规律<sup>[11]</sup>;雷梅等研究了贵州少数民族地区 46 个县(市、区)城镇化与生态环境的耦合协调关系<sup>[12]</sup>。综上关于城镇化与生态环境的耦合协调关系的研究成果看,以省域、市域或县域为研究单元的居多,以城市群为研究单元

的较少。城市群作为城镇化发展的高级空间组织形式,是带动区域经济发展的主要地理单元和重要驱动力量,越来越受到人们的关注。

本试验以国家“十三五”规划提到的 19 个城市群为研究单元,构建评价指标体系及耦合协调模型,对各城市群城镇化与生态环境的耦合协调关系进行比较分析,以期为实现城市群城镇化与生态环境的协调发展提供参考。

## 1 研究范围的界定及城镇化、生态环境评价指标体系的构建

### 1.1 研究范围

根据 2016 年国家“十三五”规划中提到的 19 个城市群,并参考最新公布的长三角、山东半岛、长江中游、中原、哈长、北部湾、成渝、黔中、滇中等 9 个城市群发展规划以及相关研究成果<sup>[13-15,10]</sup>,确定各城市群的空间范围(表 1)。

### 1.2 评价指标体系

**1.2.1 城镇化评价指标体系** 城镇化是一个复杂的系统过程,包括人口从农村向城市的聚集、农业经济向非农业经济的转变、城镇用地规模的扩张、农村生活方式向城镇生活方式的转变等 4 个方面的内容。因此,可从人口城镇化、经济城镇化、空间城镇化、社会城镇化等 4 个方面对城镇化发展水平进行评价。评价指标的选取遵循可比性、可获得性、合理性等原则,共 12 项,全部为正向指标(表 2)。

**1.2.2 生态环境评价指标体系** 生态环境是与人的生存发展直接相关的环境,主要包括大气、水、土壤、矿产、动植物等要素。PSR(pressure-state-response)即“压力-状态-响应”模型,由 Friend 等学者于 20 世纪 70 年代末提出,经济合作与发展组织(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)于 20 世纪 80 年代末共同发展起来,是常用于研究生态环境问题的框架指标体系<sup>[16]</sup>。根据 PSR 模型,本研究将生态环境水平评价指标体系分为压力、状态、响应 3 个层次共 9 项指标,指标选取遵循可比性、可获得性、客观性等原则,其中人均工业废水排放量、人均工业二氧化硫排放量、人均工业烟(粉)尘排放量等 3 项指标为逆向指标,其余为正向指标(表 3)。

收稿日期:2017-11-30

基金项目:国家社会科学基金(编号:15BMZ080);广西贺州市哲学社会科学重点课题(编号:GH2017ZDI04)。

作者简介:黄河东(1982—),男,广西贵港人,博士研究生,副研究员,主要从事区域与城市可持续发展、市场营销研究。E-mail:33128158@qq.com。

表 1 中国 19 个城市群及其空间范围

序号	地区	城市群	城市群范围	城市数量 (个)
1	东部	京津冀	北京、天津、石家庄、唐山、秦皇岛、保定、张家口、承德、沧州、廊坊	10
2		长三角	上海、南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州、杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州、合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城	26
3		珠三角	广州、深圳、珠海、佛山、江门、肇庆、惠州、东莞、中山、汕尾、清远、云浮、河源、阳江	14
4		辽中南	沈阳、大连、鞍山、抚顺、本溪、丹东、营口、辽阳、盘锦、铁岭	10
5		海峡西岸	福州、厦门、莆田、泉州、漳州、南平、宁德、龙岩、温州、丽水、汕头、潮州、揭阳、梅州	14
6		山东半岛	济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、莱芜、临沂、德州、聊城、滨州、菏泽	17
7	中部	长江中游	武汉、黄石、鄂州、黄冈、孝感、咸宁、仙桃、潜江、天门、襄阳、宜昌、荆州、荆门、长沙、株洲、湘潭、岳阳、益阳、常德、衡阳、娄底、南昌、九江、景德镇、鹰潭、新余、宜春、萍乡、上饶、抚州、吉安	31
8		中原	郑州、洛阳、开封、南阳、安阳、商丘、新乡、平顶山、许昌、焦作、周口、信阳、驻马店、鹤壁、濮阳、漯河、三门峡、济源、长治、晋城、运城、聊城、菏泽、宿州、淮北、阜阳、亳州、蚌埠、邢台、邯郸	30
9		山西中部	太原、阳泉、晋中、忻州、吕梁	5
10		哈长	哈尔滨、大庆、齐齐哈尔、绥化、牡丹江、长春、吉林、四平、辽源、松原、延边朝鲜族自治州	11
11		北部湾	南宁、北海、钦州、防城港、玉林市、崇左市、湛江市、茂名市、阳江市、海口市、儋州市、东方市、澄迈县、临高县、昌江县	15
12		成渝	重庆、成都、自贡、泸州、德阳、绵阳、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州、雅安、资阳	16
13	西部	黔中	贵阳、遵义、安顺、毕节、黔东南州、黔南州	6
14		滇中	昆明、曲靖、玉溪、楚雄、蒙自、个旧、建水、开远、弥勒、泸西、石屏	11
15		关中原	西安、铜川、宝鸡、咸阳、商州、渭南	6
16		兰西	兰州、白银、定西、临夏、西宁、海东	6
17		宁夏沿黄	银川、石嘴山、吴忠、中卫	4
18		呼包鄂榆	呼和浩特、包头、鄂尔多斯、榆林	4
19		天山北坡	乌鲁木齐、昌吉、米泉、阜康、呼图壁、玛纳斯、石河子、沙湾、乌苏、奎屯、克拉玛依	11

表 2 城镇化水平评价指标体系

一级指标	熵值法 权重	变异系数 法权重	CRITIC 法权重	综合权重	二级指标	熵值法 权重	变异系数法 权重	CRITIC 法权重	综合权重
人口城镇化	0.215	0.160	0.184	0.187	市区人口比重(%)	0.374	0.391	0.227	0.331
					市区人口密度(人/km <sup>2</sup> )	0.265	0.278	0.443	0.328
					每万人在校大学生数(人)	0.361	0.331	0.330	0.341
经济城镇化	0.292	0.353	0.304	0.316	人均 GDP(元)	0.312	0.338	0.267	0.306
					人均固定资产投资(元)	0.182	0.237	0.365	0.261
					人均公共财政收入(元)	0.506	0.425	0.368	0.433
空间城镇化	0.274	0.226	0.291	0.263	建成区面积占市区面积比重(%)	0.323	0.393	0.229	0.315
					城市建设用地面积占市区面积比重(%)	0.303	0.287	0.297	0.296
					人均城市道路面积(m <sup>2</sup> )	0.374	0.320	0.474	0.389
社会城镇化	0.219	0.261	0.221	0.234	人均社会消费品零售总额(元)	0.223	0.272	0.425	0.307
					每万人高等学校专任教师数(人)	0.352	0.315	0.308	0.325
					每万人医院、卫生院床位数(张)	0.425	0.413	0.267	0.368

表 3 生态环境水平评价指标体系

一级指标	熵值法 权重	变异系数 法权重	CRITIC 法 权重	综合权重	二级指标	熵值法 权重	变异系数法 权重	CRITIC 法 权重	综合权重
生态环境压力	0.321	0.239	0.449	0.336	人均工业废水排放量(t)	0.389	0.374	0.450	0.405
					人均工业二氧化硫排放量(t)	0.214	0.256	0.243	0.237
					人均工业烟(粉)尘排放量(t)	0.397	0.370	0.307	0.358
生态环境状态	0.479	0.596	0.350	0.475	市区人均供水量(t)	0.433	0.395	0.313	0.380
					人均公园绿地面积(m <sup>2</sup> )	0.294	0.306	0.357	0.319
					建成区绿化覆盖率(%)	0.274	0.299	0.330	0.301
生态环境响应	0.200	0.165	0.201	0.189	一般工业固体废物综合利用率(%)	0.440	0.399	0.444	0.427
					污水处理厂集中处理率(%)	0.351	0.352	0.317	0.340
					生活垃圾无害化处理率(%)	0.209	0.249	0.239	0.233

2 城市群城镇化与生态环境耦合协调关系分析

2.1 数据来源及标准化处理

本研究各城市的数据主要来源于《中国城市统计年鉴》(2016 年);由于少部分城市的数据在《中国城市统计年鉴》中没有收集,所以数据采集于这些城市所在省份的统计年鉴或政府官网;对于极少数确实采集不到的城市数据,则用该城市所在省份数据的均值替代。各城市群相关指标的数据由其所包含城市的数据经计算所得。

考虑到评价指标体系各指标的单位不一致,不能统一计算,利用极差标准化公式对指标进行标准化处理。对于正向指标,公式为  $u_{ij} = x_{ij} = \min(x_{ij})/\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})$ ,对于逆向指标,公式为  $u_{ij} = \max(x_{ij}) - x_{ij}/\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})$ ,其中,  $u_{ij}$  表示指标标准化值,取值在  $[0,1]$  范围内;  $x_{ij}$  表示指标原始值;  $\max(x_{ij})$  表示指标最大原始值;  $\min(x_{ij})$  表示指标最小原始值。

2.2 城镇化及生态环境水平的计算

城镇化及生态环境是 2 个相互独立、相互影响的子系统,可用以下公式计算两者的发展水平指数:

$$U_i = \sum_j^n u_{ij} \lambda_j \quad j=1,2,\cdots,n。 \tag{1}$$

式中:  $U_i$  表示城镇化或生态环境水平指数;  $\lambda_j$  表示各指标的权重,且  $\sum_j \lambda_j = 1$ 。因  $u_{ij}$  的值在  $[0,1]$  范围内,  $U_i$  的值也在  $[0,1]$  范围内。

为避免主观因素造成计算误差,本研究使用客观赋权法计算各指标的权重。考虑到每种客观赋权法都有一定的局限性,为了降低使用单一赋权法所带来的差异性,分别使用熵值法、变异系数法、CRITIC 法等 3 种方法计算各指标的权重,再计算 3 种权重的算术平均值,得到综合权重作为各指标的最终权重  $\lambda_j$  (表 2、表 3)。

2.3 分析模型

2.3.1 耦合度模型 耦合是 2 个或 2 个以上系统之间相互作用、相互影响的现象。耦合度是系统间相互影响、相互依赖

的程度。耦合度模型为<sup>[10]</sup>:

$$C_n = \{ (U_1, U_2, \cdots, U_n) / [\prod (U_i + U_j)] \}^{1/n}。 \tag{2}$$

系统间的耦合关系具有较大的相似性,耦合度模型也可以用于衡量城镇化与生态环境的交互耦合关系,即:

$$C = \{ (U_1 \cdot U_2) / [(U_1 + U_2) \times (U_1 + U_2)] \}^{1/2}。 \tag{3}$$

式中:  $C$  表示耦合度;  $U_1, U_2$  分别表示城镇化、生态环境的发展水平指数,由模型可知,  $0 \leq C \leq 1$ , 耦合度数值越大,表示协调发展状态越好;反之,耦合度数值越小,表示协调发展状态越差。根据耦合度大小,可以将城镇化与生态环境的关系分为以下阶段<sup>[6,12]</sup> (表 4)。

表 4 城镇化与生态环境各耦合阶段关系特征

耦合度范围	发展阶段	发展特点
$0 \leq C \leq 0.3$	低水平耦合	城镇化发展水平低,生态环境承载力高。
$0.3 \leq C \leq 0.5$	拮抗阶段	城镇化快速发展,生态环境逐渐被破坏,承载力下降。
$0.5 < C \leq 0.8$	磨合阶段	城镇化继续发展,生态环境破坏被逐步修复,城镇化与生态环境开始进入良性耦合。
$0.8 < C \leq 1$	高水平耦合	城镇化与生态环境良好互动、协调发展。

2.3.2 协调发展度模型 当 2 个系统均处于较低发展水平时,运用耦合度模型计算可能会得到这 2 个系统协调发展度较高的结果,造成与实际情况不符<sup>[17-18]</sup>。为解决上述问题,采用协调发展度模型计算城镇化与生态环境的协调发展度,即:

$$H = \sqrt{C \cdot I}。 \tag{4}$$

式中:  $H$  表示协调发展度;  $C$  表示耦合度;  $I$  表示城镇化与生态环境发展的综合评价指数,  $I = aU_1 + bU_2$ ,  $a, b$  为权数,分别为城镇化与生态环境的贡献程度。考虑到城镇化与生态环境的同等重要程度,确定权数  $a, b$  均取值 0.5。由模型可知,  $I$  的取值也在  $[0,1]$  范围内。根据协调发展度  $H$  的大小以及城镇化与生态环境发展水平的比较,可将城镇化与生态环境的耦合协调类型分为 4 种类型,12 个子类型<sup>[19-20]</sup> (表 5)。

表 5 城镇化与生态环境耦合协调发展类型

协调发展度区间	协调发展类型	城镇化与生态环境发展水平比较	协调发展子类型
$0.8 < H \leq 1$	极度协调耦合	$U_1 - U_2 > 0.1$	极度协调耦合 - 生态环境滞后
		$U_2 - U_1 > 0.1$	极度协调耦合 - 城镇化滞后
		$0 \leq  U_1 - U_2  \leq 0.1$	极度协调耦合
$0.5 < H \leq 0.8$	高度协调耦合	$U_1 - U_2 > 0.1$	高度协调耦合 - 生态环境滞后
		$U_2 - U_1 > 0.1$	高度协调耦合 - 城镇化滞后
		$0 \leq  U_1 - U_2  \leq 0.1$	高度协调耦合
$0.4 < H \leq 0.5$	中度协调耦合	$U_1 - U_2 > 0.1$	中度协调耦合 - 生态环境滞后
		$U_2 - U_1 > 0.1$	中度协调耦合 - 城镇化滞后
		$0 \leq  U_1 - U_2  \leq 0.1$	中度协调耦合
$0 < H \leq 0.4$	低度协调耦合	$U_1 - U_2 > 0.1$	低度协调耦合 - 生态环境受阻
		$U_2 - U_1 > 0.1$	低度协调耦合 - 城镇化受阻
		$0 \leq  U_1 - U_2  \leq 0.1$	低度协调耦合

2.4 结果分析

运用公式(3)和公式(4)计算中国 19 个城市群 2015 年城镇化与生态环境的耦合度及协调发展度,并对照相应的耦合协调发展类型(表 6)。可见中国 19 个城市群城镇化与生

态环境的耦合度介于 0.347 ~ 0.500 之间,均处于耦合发展的拮抗阶段。该阶段城镇化发展迅速,需要大量的资源、能源、资金作为支撑,生态环境逐渐被破坏,承载能力不断下降;其中 10 个城市群的耦合度超过 4.9,说明一半以上的城市群已

经偏向城镇化与生态环境良性耦合的磨合阶段。从整体上看,19 个城市群的城镇化与生态环境耦合度依然处于较低的水平,离良好的耦合阶段仍有一定差距,远没有达到高水平的耦合阶段。

表 6 2015 年中国城市群城镇化与生态环境耦合协调发展类型

地区	城市群	耦合度	协调发展度	协调发展类型
东部	京津冀	0.498	0.496	中度协调耦合
	长三角	0.493	0.547	高度协调耦合 - 生态环境滞后
	珠三角	0.499	0.611	高度协调耦合
	辽中南	0.491	0.477	中度协调耦合 - 生态环境滞后
	海峡西岸	0.474	0.408	中度协调耦合 - 城镇化滞后
	山东半岛	0.495	0.466	中度协调耦合 - 城镇化滞后
中部	长江中游	0.497	0.416	中度协调耦合
	中原	0.472	0.407	中度协调耦合 - 城镇化滞后
	山西中部	0.500	0.437	中度协调耦合
	哈长	0.485	0.441	中度协调耦合 - 城镇化滞后
	北部湾	0.417	0.345	低度协调耦合 - 城镇化受阻
	成渝	0.466	0.400	低度协调耦合 - 城镇化受阻
西部	黔中	0.347	0.302	低度协调耦合 - 城镇化受阻
	滇中	0.489	0.416	中度协调耦合 - 城镇化滞后
	关中平原	0.496	0.454	中度协调耦合
	兰西	0.487	0.420	中度协调耦合 - 城镇化滞后
	宁夏沿黄	0.497	0.427	中度协调耦合
	呼包鄂榆	0.484	0.494	中度协调耦合 - 生态环境滞后
	天山北坡	0.497	0.526	高度协调耦合 - 生态环境滞后

从协调发展度及对应的协调发展类型看,中国 19 个城市群城镇化与生态环境的协调发展度介于 0.302 ~ 0.611 之间,3 个城市群达到高度协调耦合,占 15.79%,13 个城市群为中度协调耦合,占 68.42%,3 个城市群为低度协调耦合,占 15.79%,没有城市群达到极度协调耦合。首先,高度协调耦合类型方面,珠三角城市群城镇化与生态环境发展水平的差距小于 0.1,达到高度协调耦合,是 19 个城市群中城镇化与生态环境协调发展最好的城市群。长三角城市群虽然也属于高度协调耦合类型,但生态环境发展滞后于城镇化发展,在今后的发展过程中要更加重视生态环境的保护与建设。天山北坡城市群城镇化与生态环境均达到较高的发展水平,在 19 个城市群中排名前五,虽然生态环境发展相对滞后,也属于高度协调耦合类型。原因可能在于城镇化及生态环境发展水平的评价大多选用了人均指标,天山北坡城市群人口规模相对较小,2015 年末人口仅为 525 万人,与长三角 1.3 亿的人口规模不能相提并论,尽管总量指标值不高,但人均指标值较高。事实上,天山北坡城市群整体经济实力仍处于较低水平,今后既要加快城镇化的发展,也要注重生态环境的保护。3 个高度协调耦合类型的城市群中,东部地区占 2 个,说明东部地区城市群城镇化及生态环境均发展较成熟,两者的协调耦合发展处于相对较高的水平。其次,中度协调耦合类型方面,京津冀、长江中游、山西中部、关中平原、宁夏沿黄等 5 个城市群城镇化及生态环境发展水平差距小于 0.1,发展较均衡,达到中度协调耦合,在今后的发展中要保持这样的均衡发展,争取达到更高水平的协调耦合类型。海峡西岸、山东半岛、中原、哈长、滇中、兰西等 6 个城市群城镇化与生态环境为中度协调耦合 - 城镇化滞后型,城镇化发展还有很大的潜力和提升空间,

今后的发展应在生态环境的承载力范围内,着力提高城镇化水平。辽中南、呼包鄂榆城市群城镇化与生态环境为中度协调耦合 - 生态环境滞后型,城镇化发展超过了生态环境的承载能力,在今后的发展中应更加注重生态环境的保护与修复。最后,低度协调耦合类型方面,北部湾、成渝、黔中等 3 个城市群城镇化与生态环境属于低度协调耦合 - 城镇化受阻类型,3 个城市群的城镇化发展水平在 19 个城市群中排名最后 3 位,处于最低水平,城镇化发展对生态环境没有造成太大的影响,远未达到生态环境的承载能力极限。在今后的发展中最主要的任务是利用好生态环境的优势,加快城镇化发展进程,缩小与其他地区的差距,提高城镇化与生态环境的协调发展水平。

### 3 结论与讨论

本试验以中国 19 个城市群为研究单元,通过建立评价指标体系以及耦合协调模型对 2015 年城市群城镇化与生态环境的耦合关系进行对比分析。结果表明,19 个城市群城镇化与生态环境的耦合度介于 0.347 ~ 0.500 之间,均处于耦合发展的拮抗阶段,仍然处于较低的协调发展水平;19 个城市群城镇化与生态环境包括高度、中度、低度 3 种耦合协调发展类型,分别占 15.79%、68.42%、15.79%,呈两头小、中间大的橄榄型结构;19 个城市群城镇化与生态环境耦合协调发展的地区差异明显,表现为东部地区 > 中部地区 > 西部地区。该结论既可以为政府制定城市群可持续发展政策提供参考依据,也可以为城市群各城市间加强合作,共同促进城市群城镇化与生态环境的协调发展提供决策指导。因数据获取的限制,本研究在评价指标体系的建立方面还可以进一步优化和完善,在提高城镇化与生态环境协调发展水平的对策建议方面还可以更详细、更具体,这有待今后进行更加深入的研究。

### 参考文献:

- [1] Pearce D W. Economics of natural resources and the environment [M]. New York: Harvester Wheathes, 1990.
- [2] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment [J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353 - 377.
- [3] Rork R, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, iPAT and lmpact: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts [J]. Ecological Economics, 2003, 46(3): 351 - 365.
- [4] 马世骏, 王如松. 社会 - 经济 - 自然复合生态系统 [J]. 生态学报, 1984, 4(1): 3 - 11.
- [5] 王如松. 高效和谐 - 城市生态调控原则和方法 [M]. 长沙: 湖南教育出版社, 1988.
- [6] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析 [J]. 地理研究, 2003, 22(2): 211 - 220.
- [7] 乔标, 方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用 [J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3003 - 3009.
- [8] 刘耀彬. 区域城市化与生态环境耦合特征及机制——以江苏省为例 [J]. 经济地理, 2006, 26(3): 456 - 462.
- [9] 刘耀彬. 江西省城市化与生态环境关系的动态计量分析 [J]. 资源科学, 2008, 30(6): 829 - 836.
- [10] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度 [J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2244 - 2254.
- [11] 张荣天, 焦华富. 中国省际城镇化与生态环境的耦合协调与优

陈彦芹, 叶彦辉, 韩艳英, 等. 西藏半干旱河谷地区植被恢复对土壤养分和微生物的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(21): 272–275.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.068

# 西藏半干旱河谷地区植被恢复对土壤养分和微生物的影响

陈彦芹<sup>1</sup>, 叶彦辉<sup>1</sup>, 韩艳英<sup>1</sup>, 李文凤<sup>2</sup>

(1. 西藏农牧学院, 西藏林芝 860000; 2. 杨凌职业技术学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 为了提高西藏半干旱河谷地带植被的恢复能力, 进一步完成西藏生态安全屏障建设, 选取拉萨半干旱河谷围封地区, 以 6 年后人工造林地(包括藏川杨林、沙棘林、榆树林、细叶红柳林、银白杨林、砂生槐林)和未造林地为研究对象, 对其土壤养分、微生物数量以及土壤酶活性进行测定, 分析不同植被类型恢复对土壤养分和微生物的影响。结果表明, 砂生槐、藏川杨、沙棘比对照林地对土壤养分的保持效果更好。在 0~20 cm 土层, 砂生槐的蔗糖酶、过氧化氢酶、磷酸酶、脲酶活性均高于对照且差异显著; 在 20~40 cm 土层, 砂生槐、藏川杨的磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性与对照差异显著。不同类型植被恢复对于土壤养分和土壤微生物均有一定影响, 这 6 种树种和对照林地的土壤酶活性和土壤养分间的相关性研究表明其关系密切, 表明土壤酶活性可以作为衡量土壤肥力变化的标准。

**关键词:** 西藏半干旱河谷地区; 植被恢复; 土壤微生物; 土壤养分; 土壤酶活性

**中图分类号:** X171.4; S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)21-0272-04

土壤微生物是指生活在土壤中的细菌、真菌、放线菌、藻类的总称, 其个体微小, 种类和数量随成土环境及土层深度的不同而变化, 一般以细菌数量最多<sup>[1-2]</sup>。土壤微生物是土壤活跃的重要组成成分, 在其生命活动过程中有促进土壤有机质分解、养分转化和改变土壤理化性质的作用, 是土壤肥力体现的重要因素, 与土壤的形成和发育有密切关系<sup>[3]</sup>。

土壤微生物在植物群落结构多样性和其生长发育过程中都有着重要作用, 在土壤-植物生态系统中土壤微生物是体现土壤环境生态系统的重要指标之一, 它和植物相互进化, 协同作用<sup>[4]</sup>。土壤微生物利用凋落物提供营养, 又参与植物生长能量元素转换, 最终促进土壤微生物的多样性发展<sup>[5-6]</sup>。

西藏半干旱河谷地区位于雅鲁藏布江支流拉萨河流域, 全年多晴朗天气, 温暖干燥, 属于高原季风半干旱气候。该区域是典型的干旱地区生态环境, 因此, 研究合适的抗旱造林技术, 选择合适的植被类型对修复退化的生态环境建设十分重要。该试验区是西藏“一江两河”的重点区域之一, 对于国家生态安全屏障建设有着重要作用<sup>[7]</sup>。本试验以拉萨半干旱河谷地区围封为采样地, 以人工造林 6 年后藏川杨林地、沙棘林地、榆树林地、细叶红柳林地、银白杨林地、砂生槐林地和对照(未造林地)为研究对象, 分析了不同植被类型人工造林地的土壤养分和微生物变化规律, 为退化生态系统的植被恢复模式提供一定的参考, 对从生态建设的角度选择合适的造林类型、实现植被恢复有着重要的作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设置与材料

本试验地及材料均采集于西藏达孜县章多乡试验林地, 该区域位于 29°48′19.5″N, 91°32′38.3″E, 属高原温带半干旱季风气候, 海拔 3 750 m, 全年日照时长, 温差大, 冬春干燥多风,

化探讨[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(7): 12–17.

[12] 雷梅, 靳永翥. 贵州少数民族地区城镇化与生态环境耦合关系评价——以 46 个市县为例[J]. 贵州民族研究, 2016, 37(10): 66–71.

[13] 肖金成, 袁朱. 中国将形成十大城市群[EB/OL]. (2007-03-29) [2017-10-10]. [http://lib.cet.com.cn/paper/szb\\_con/52343.html](http://lib.cet.com.cn/paper/szb_con/52343.html).

[14] 曾鹏, 朱玉鑫. 中国十大城市群生态与经济协调度比较研究[J]. 统计与决策, 2014(16): 117–120.

[15] 高倩, 阿里木江·卡斯木. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的天山北坡城市群人口分布空间模拟[J]. 西北人口, 2017, 38(3): 113–117.

[16] 肖佳媚, 杨圣云. PSR 模型在海岛生态系统评价中的应用[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2007, 46(增刊 1): 191–196.

[17] 孙爱军, 董增川, 张小艳. 中国城市经济与用水技术效率耦合协调度研究[J]. 资源科学, 2008, 30(3): 446–453.

[18] 杨主泉, 张志明. 基于耦合模型旅游经济与生态环境协调发展研究——以桂林市为例[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(3): 262–268.

[19] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 105–112.

[20] Li Y F, Li Y, Zhou Y, Shi Y L, et al. Invetstingatio of a coupling model of coordination between urbanization and the environment[J]. Journal of Enmironmental Management, 2012, 98: 127–133.