

熊斌彬, 张建军, 李宝群, 等. 人类强扰动活动对矿业城镇景观连通性的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(22): 291–296.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.068

# 人类强扰动活动对矿业城镇景观连通性的影响

熊斌彬<sup>1</sup>, 张建军<sup>1,2</sup>, 李宝群<sup>3</sup>, 魏聪礼<sup>1</sup>, 程明芳<sup>1</sup>

[1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100083;  
3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083]

**摘要:**人类活动改变了矿业城市的景观格局状况, 并对其生态格局及景观连通性有很大的影响。以河北省武安市矿业开采密集区矿山镇为例, 采用整体连通性指数(integral index of connectivity, 简称 IIC)和可能连通性指数(probability of connectivity, 简称 PC)比较分析 1996、2005、2014 年的人类强扰动活动对矿山镇景观连通性的影响。结果表明, 近 20 年来, 矿山镇的土地利用变化和采矿活动加剧了对景观连通性的破坏; 矿山镇及其规划治理区的整体连通性指数和可能连通性指数在 2005 年较高, 在 2014 年最低, 且规划治理区连通性指数低于矿山镇的连通性指数。虽然 2005 年之后矿山镇一直进行土地复垦相关工作, 但后期城市化水平及经济发展带来的消极影响在一定程度上抵消了复垦工作带来的积极效应, 总体上再次呈现恶化趋势。

**关键词:**景观连通性; 土地利用变化; 规划治理区; 矿山镇

**中图分类号:** X24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0291-05

生态环境既是人类生存和发展的基本条件, 又是社会经济发展的基础<sup>[1]</sup>。近年来随着经济的快速发展, 工业化、城市化进程的加快, 河北省武安市矿山镇对建设用地的需求不断增大, 土地资源的不合理利用现象不断涌现, 生态景观破碎化和孤岛化成为当前快速工业化、城市化进程中生态环境恶化的重要特征<sup>[2]</sup>。曹坤坤研究表明, 提高景观连通性是一种保护生物多样性和维护生态系统稳定性与整体性的有效策略<sup>[3]</sup>。1984 年首次提出提高景观连通性对破碎景观的恢复具有重要意义, 景观连接度在景观生态学领域得到广泛应用<sup>[4]</sup>。景观连通性的度量指标多样, 国内早期的景观连通性研究侧重于景观结构连通性<sup>[5]</sup>, 后期研究逐渐注重结构和功能在景观连通性分析中的双重作用。Pascual-Hortal 等基于生境可利用性提出整体连通性指数(integral index of connectivity, 简称 IIC)和可能连通性指数(probability of connectivity, 简称 PC), 能从景观功能角度评价景观连通性, 并且可借助地理信息系统(geographic information system, 简称 GIS)平台将研究成果可视化<sup>[6]</sup>。在国内, 也有利用景观连接度尺度效应<sup>[7-9]</sup>、景观连通性优化途径<sup>[10-12]</sup>以及最小阻力模型等方法探究道路网络、不同生态条件对景观连通性干扰程度的研究<sup>[13-15]</sup>。但对于景观连通性的研究大部分针对的是一般城市, 并未涉及矿业城市的独有特点, 对矿业城镇景观连通性的研究少之又少。

矿业城镇集中连片的矿区开采活动对生态环境的破坏有别于一般性城市, 矿产资源开采、运输、加工以及矿区生活等

人为干扰活动, 使得周围地区出现景观破碎度增加、景观连通性降低等生态环境问题, 阻碍了绿色矿业的发展。2002 年以来, 人们保护环境、治理污染的意识逐步增强, 开展了如土地开发、土地整理、土地复垦等人类强扰动活动, 以期提高城市的景观连通性, 改善生态环境。因此, 本研究以河北省武安市矿业开采密集区矿山镇为例, 分析 1996、2005、2014 年矿山镇及其规划治理区的土地利用变化和景观连通性, 并根据矿山镇和规划治理区内景观连通性变化的对比分析结果, 探析两者间的关系以及重要斑块对景观连通性的影响, 以期为矿山镇的景观格局优化提供参考, 缓解人与生态环境的矛盾, 促进区域可持续发展。

## 1 研究区概况与数据处理

### 1.1 研究区概况

矿山镇地处河北省武安市北部太行山脚下, 位于武安市最北部, 与沙河市接壤, 属于丘陵半山地地区, 地理坐标为 114°2′~114°13′E, 36°46′~36°52′N(图 1)。矿产资源分布带经过其中东部地区, 因此矿产丰富, 矿产资源有煤、铁、青石等, 尤以煤、铁矿最为有名。新中国成立以来, 国有大型企业如郭二庄煤矿、西石门铁矿、矿山村铁矿、石板坡铁矿、玉石洼铁矿等先后被建起, 目前, 由于矿山村铁矿和石板坡铁矿资源枯竭, 已闭矿迁走, 郭二庄煤矿、西石门铁矿和玉石洼铁矿地下仍有丰富资源, 经济效益非常可观。

矿山镇的荒山较多, 采矿活动形成的大量采矿废石、煤矸石、尾矿渣等堆放不当, 造成采矿区附近植被被破坏、水土流失、地面塌陷等, 因此对环境的整治迫在眉睫。尽管当地政府大力开展荒山绿化和废弃矿山治理工作, 对 30 余个废弃矿坑和尾矿库实施了填埋、整理、复垦工作, 绿色矿山建设取得积极进展, 但矿区生态环境治理依旧任重道远。

### 1.2 数据来源与数据处理

本研究采用的数据资料包括 1996、2005 年《武安市社会

收稿日期: 2017-06-17

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41571507)。

作者简介: 熊斌彬(1992—), 女, 河北唐山人, 硕士研究生, 主要从事土地资源评价与利用规划研究。E-mail: xiongbinbin\_cugh@126.com。

通信作者: 张建军, 博士, 教授, 主要从事土地利用与生态经济方面的教学与研究。E-mail: zhangjianjun\_bj@126.com。

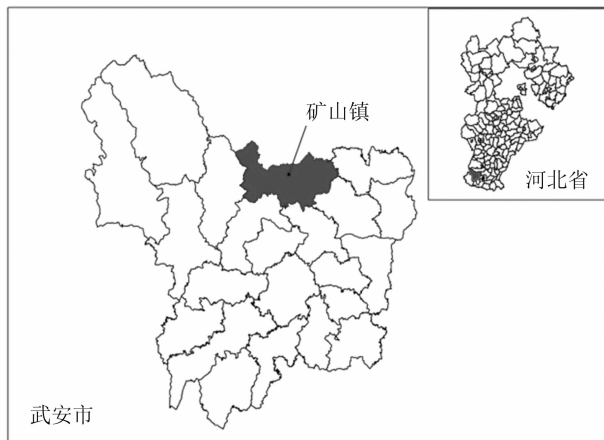


图1 研究区概况

经济统计资料》以及 2014 年《武安统计年鉴》的人口数据和经济数据;由武安市国土局提供的 1996、2005、2014 年土地利用数据以及武安市土地利用变更数据;武安市矿山企业建设用地和其他建设用地闲置情况说明;《武安市土地利用总体规划(2010—2020 年)》等。

根据矿业城市的景观特征,参照《土地利用分类标准》和研究目的,建立矿业开采密集区矿山镇景观生态分类系统。由于矿山镇的草地多为荒草地,因此将草地合并到未利用地中,最终将矿山镇分为生态类型和非生态类型两大类,共计 7 种景观类型,其中生态类型包括耕地、林地、园地、未利用地和水域用地五大类;非生态类型包括工矿用地、非工矿建设用地两大类。矿山镇及其规划治理区的土地利用类型分布和变化如图 2 所示。

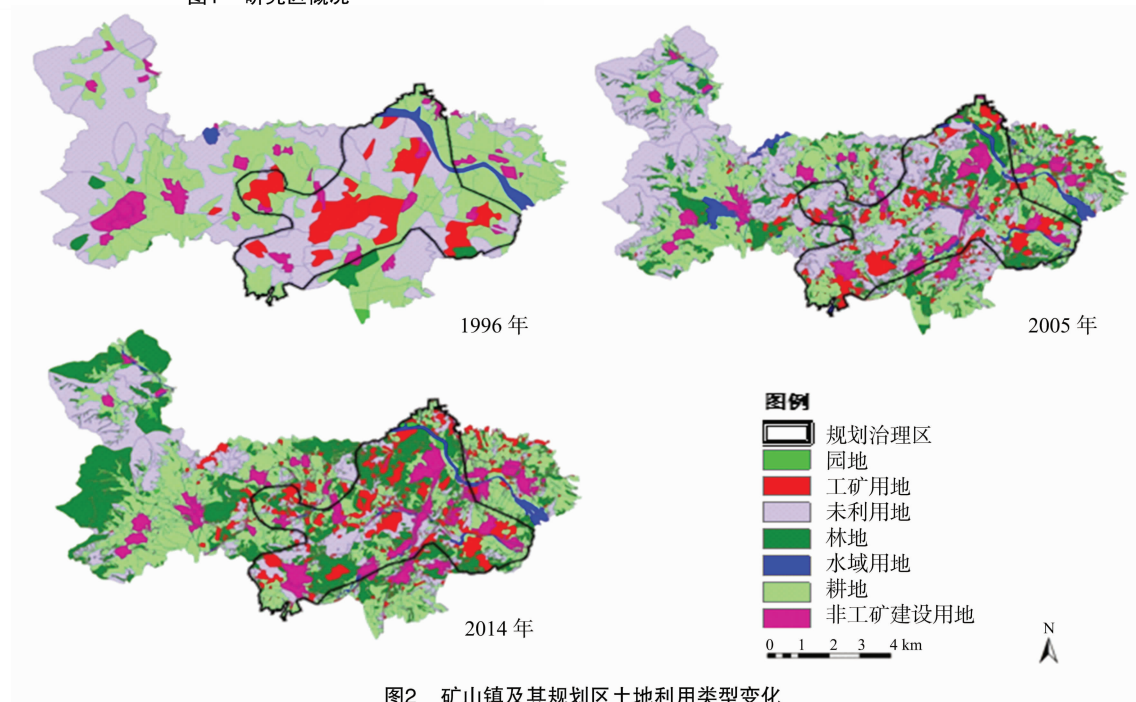


图2 矿山镇及其规划区土地利用类型变化

## 2 研究方法

首先利用 ArcGIS 9.3 软件对土地利用现状图进行叠加处理,划出矿山镇 2007 年的规划治理区范围,间接生成矿山镇和规划治理区的土地利用转移矩阵,分析两者的土地利用变化。其次通过整体连通性和可能连通性的方法计算矿山镇和规划治理区的景观连接度,比较分析 1996、2005、2014 年的人类强扰动活动对矿山镇景观连通性的影响。

### 2.1 景观连通性变化分析

为定量分析矿山镇连通性变化趋势,本研究采用整体连通性指数和可能连通性指数分析矿区景观结构变化<sup>[16-18]</sup>。

#### (1) 整体连通性指数

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \cdot a_j / (1 + nl_{ij})}{A_L^2} \quad (1)$$

式中: $n$  表示景观中斑块总数; $a_i$ 、 $a_j$  分别表示斑块  $i$ 、斑块  $j$  的面积; $nl_{ij}$  表示斑块  $i$  和斑块  $j$  之间的连接数; $A_L$  表示景观面积。 $0 \leq IIC \leq 1$ , 当  $IIC = 0$  时,表示各生境斑块之间没有连接;

当  $IIC = 1$  时,表示整个景观都为生境斑块。

#### (2) 可能连通性指数

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n a_i \cdot a_j \cdot P_{ij}^*}{A_L^2} \quad (2)$$

式中: $P_{ij}^*$  表示物种在斑块  $i$  和斑块  $j$  之间直接扩散的最大可能性; $0 < PC < 1$ <sup>[17-18]</sup>。

上述计算在软件 Conefor Sensinode 2.6 中进行,以生态类型景观作为生境斑块,非生态类型景观为环境背景<sup>[19]</sup>。IIC 为基于二位连接模型指数,即景观中的 2 个斑块只有连接或不连接 2 种情况。在距离阈值内,斑块连通;在距离阈值外,斑块不连通。为便于对比 3 年的景观连通性大小,对所有连通性的距离阈值进行统一设定<sup>[20]</sup>。PC 为基于可能性模型,即生境斑块之间连通的可能性<sup>[21]</sup>,这种可能性与斑块之间的距离有负相关的函数关系。为与 IIC 计算结果具有可比性,将计算 PC 时斑块之间连通的可能性设为 0.5<sup>[17-18]</sup>。

通过景观连通性计算方法计算生态用地景观连通性指数,一部分计算的景观连通性指数是基于生态用地整体(包

括耕地、林地、园地、未利用地和水域用地) 的全局连通性指数,反映在整个研究区内,整体生态系统相互补给、相互依存的联系强度。另一部分计算的是规划治理区内生态用地的景观连通性指数,反映土地复垦/整治对其景观连通性的影响。

## 2.2 重要斑块的选取

通过软件 Conefor Sensinode 2.6 计算整体连通性指数和可能连通性指数的同时,又可计算景观中各斑块对景观连通性的重要值<sup>[22-23]</sup>。斑块的重要值指斑块对景观保持连通的重要性。斑块的重要值( $dI$ )计算公式为

$$dI = \frac{I - I_{\text{remove}}}{I} \times 100\%。 \quad (3)$$

式中: $I$ 表示景观中所有斑块的指数值; $I_{\text{remove}}$ 表示去除单个斑块后剩余斑块的整体指数值<sup>[24]</sup>。重要值在 ArcGIS 9.3 软件的拓展模块 Conefor、Conefor Sensinode 2.6 中进行计算,将整体连通性重要值( $dIIC$ )、可能连通性重要值( $dPC$ )各指数值输入各关键点的属性表中,用 ArcGIS 9.3 中的自然断点法将各斑块的  $dIIC$  和  $dPC$  分为 4 类,分别为微型斑块、小型斑块、中型斑块和大型斑块,并进行可视化显示,找出对景观连通性最重要的斑块进行分析<sup>[17,19]</sup>。

表 1 矿山镇 1996—2014 年土地利用类型转移矩阵

km<sup>2</sup>

土地利用类型	非工矿建设用地	耕地	工矿用地	林地	水域	未利用地	园地	总计
非工矿建设用地	3.88	1.56	0.22	0.23	0.06	0.14	0.02	6.11
耕地	3.25	23.47	2.63	4.68	0.48	2.25	0.07	36.83
工矿用地	1.19	0.83	2.77	1.29	0.12	1.84	0	8.04
林地	0.06	0.40	0.14	0.80	0.05	0.24	0	1.69
水域用地	0.10	0.34	0.21	0.14	0.78	0.17	0.13	1.87
未利用地	1.81	7.67	3.41	18.95	0.11	12.96	0.13	45.04
园地	0	0.15	0	0.02	0	0.02	0	0.19
总计	10.29	34.42	9.38	26.11	1.60	17.62	0.35	99.77

3.1.2 规划治理区土地利用变化 从表 2 可以看出,规划治理区的水域用地、园地面积变化不大;耕地大部分转变成了非工矿建设用地、工矿用地和林地,总体上面积减少 2.15 km<sup>2</sup>;林地、未利用地的面积变化较大,工矿用地、未利用地大量转变成林地,林地面积最终增加 8.79 km<sup>2</sup>;虽然有一部分耕地和未利用地转变为工矿用地,但经过土地整治后的工矿用地

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用变化分析

本研究采用 ArcGIS 9.3 软件间接生成了矿山镇及其规划治理区 1996—2014 年的土地利用转移矩阵(表 1、表 2)。

3.1.1 矿山镇土地利用变化 从表 1 可以看出,近 20 年来,在研究区中耕地面积有 13.36 km<sup>2</sup> 转化为其他地类,其中大多转化为林地,面积为 4.68 km<sup>2</sup>,7.67 km<sup>2</sup> 的未利用地转为耕地,最终耕地面积减少;未利用地是面积变化较为剧烈的地类,近 20 年来约 18.95 km<sup>2</sup> 未利用地转为林地,面积呈急剧下降趋势;园地、水域用地面积变化量相对较少;非工矿建设用地转入来源主要是耕地,同时也有一部分非工矿建设用地转为了林地和耕地,最终面积增加,主要是由于城镇发展速度迅猛,现有的建设用地难以满足其发展需求。1996—2014 年期间,工矿用地面积随着时间变化而变化,其分布结构也随之发生相应变化,但大体分布在矿产资源分布带周围,其面积最终增加 1.34 km<sup>2</sup>,同时也有 5.27 km<sup>2</sup> 转为其他用地,呈现先减少后增加的态势。

大部分转变成了耕地、林地和未利用地,工矿用地在闭矿或停产,会有一部分被闲置起来变成裸岩石砾地、荒草地等未利用地,面积最终减小 1.32 km<sup>2</sup>;未利用地面积共减少 8.75 km<sup>2</sup>,这体现了规划治理区土地复垦的成效以及人类强扰动活动下生态环境恢复进度的加快。

表 2 矿山镇规划治理区 1996—2014 年土地利用类型转移矩阵

km<sup>2</sup>

土地利用类型	非工矿建设用地	耕地	工矿用地	林地	水域用地	未利用地	园地	总计
非工矿建设用地	1.36	0.05	0.15	0.06	0.02	0.04	0	1.68
耕地	1.29	5.08	1.22	1.84	0.22	0.94	0.03	10.62
工矿用地	1.19	0.80	2.71	1.27	0.12	1.82	0	7.91
林地	0.01	0.02	0.12	0.17	0.01	0	0	0.33
水域用地	0.03	0.17	0.07	0.11	0.31	0.01	0.13	0.83
未利用地	1.16	2.35	2.32	5.67	0.06	2.49	0	14.05
园地	0	0	0	0	0	0	0	0
总计	5.04	8.47	6.59	9.12	0.74	5.30	0.16	35.42

## 3.2 矿业城镇景观连通性评价

3.2.1 景观连通性分析 从表 3 可以看出,矿山镇及其规划治理区的 IIC 均较小,且规划治理区内的景观连通性明显低于矿山镇,表明规划治理区对矿山镇的景观连通性具有消极影响。两者的整体连通性指数首先呈增大趋势,随着时间的变化均在 2005 年出现一个转折点,转而下降,表明 2005 年前

后矿山镇生境斑块之间的物质能量流通受到一定程度的阻碍。整体连通性指数大小发生转折的原因是我国 2002 年确定全面启动退耕还林工程,加大了矿山镇的退耕还林力度和对未利用地的开发利用程度;随着人口的增长和经济水平的提高,城市化水平不断提高,采矿活动逐渐活跃起来,其总产出值由 2005 年的 97.92 万元上升到 2014 年的 185.13 万元,

增加了 1 倍。因此,2005—2014 年期间,非工矿建设用地和工矿用地的面积逐步增加,虽然一直在对工矿废弃地进行复垦和整治,也初见成效,但随着武安市经济的迅猛发展,各项建设用地的需求量日益增加,用地供给局面日益紧张,再加上未治理的废弃地,使得生态用地斑块间的流通阻力随之增大,导致全局景观连通性降低。从表 3 还可以看出,矿山镇及其规划治理区的 PC 均大于 IIC,主要是由于 PC 计算模型考虑了斑块与斑块之间的可能连通性概率。综合来看,矿山镇及其规划治理区的 IIC 较小,PC 虽然不小,但近 20 年来整体呈下降趋势,主要是由于城市发展迅速,且在经济刺激下矿产资源被大量开采,导致土地景观破碎化程度加剧,对矿山镇的可能连通性影响较大。

表 3 1996—2014 年矿山镇及其规划治理区生态用地景观连通性指数

年份	矿山镇		规划治理区	
	IIC	PC	IIC	PC
1996	0.191 13	0.736 42	0.114 25	0.377 25
2005	0.299 95	0.727 27	0.156 26	0.404 72
2014	0.184 03	0.633 18	0.097 71	0.310 68

由表 4 可知,1996—2005 年,矿山镇 IIC 增幅明显高于规划治理区,其原因是两者都是生态系统自我调节下的自然恢复,由于采矿活动的影响导致规划治理区连通性的恢复速度明显低于矿山镇。2005—2014 年,矿山镇生态斑块的 IIC 下降幅度较大,主要是由于自 2003 年开始,武安市实施了“千矿万亩”综合治理工程,加快了矿山镇整治矿山废弃地及其他

土地的进度,且 2004 年年底正式实施的“封山育林”决策,到 2007 年已初见成效,矿山村治理区已经治理了 130 hm<sup>2</sup>。规划治理区内增加了人为整治复垦因素,使得其 IIC 降低的速度略低于矿山镇。同时可以看出,1996—2005 年,规划治理区的 PC 增大速度大于矿山镇,主要是由于规划治理区范围小,斑块距离相对近,生物直接扩散的可能性较大。2005—2014 年,规划治理区的 PC 减小速度高于矿山镇,说明在复垦过程中,一些不合理的人为干扰因素间接破坏了景观的可能连通性,加速了 PC 的降低。

表 4 矿山镇及其规划治理区生态用地景观连通性指数变化幅度

年份	矿山镇变化幅度(%)		规划治理区变化幅度(%)	
	IIC	PC	IIC	PC
1996—2005	56.93	-1.24	36.77	7.28
2005—2014	-38.65	-12.94	-37.47	-23.24

3.2.2 生态斑块重要性分析 从图 3 可以看出,1996 年不管是 dIIC 还是 dPC,小型斑块对绿地景观连通性的重要值最大,而大型斑块最小,主要原因是大型斑块数量很少,微型斑块虽然数量较多,但重要值较低,而小型斑块整体重要值最大。大型斑块在 2005、2014 年的 dIIC、dPC 中占据主要的地位,微型斑块由于其数量优势,其 dIIC、dPC 占次要地位。因此虽然微型斑块的重要值可能偏低,但由于数量较多,其 dIIC 和 dPC 值反而较大。

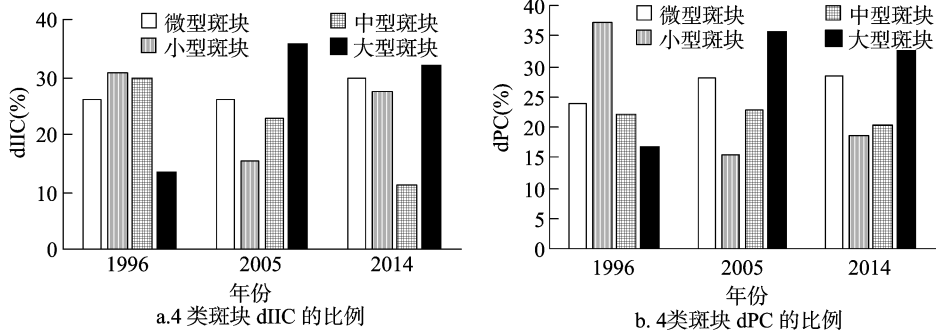


图3 矿山镇生态用地 4 类斑块的景观连通性重要值比例

3.2.3 斑块类型在矿山镇景观中的分布 重要值最大的斑块对提升矿山镇景观连通性起着关键性的作用,从图 4 可以看出,大、中型斑块主要分布在矿山镇的中部、西部地区,这是由于规划治理区位于矿产资源分布带上,采矿等活动破坏了中东部地区的景观连通性。1996 年大、中型斑块分布范围较广,规划治理区尚有少部分中型斑块,主要为未利用地,虽然对景观连通性起着主导作用,但须要进行合理开发利用,转化为真正意义上的生态用地。到 2005 年,大、中型斑块的分布更加广泛,规划治理区内大、中型斑块的比例增加,生态恢复程度较高,林地的大面积增加,积极响应了国家的退耕还林政策。虽然对矿山镇的复垦工作一直没有停歇,但经济的迅猛发展带动了矿山镇采矿活动的加剧,到 2014 年,大、中型斑块明显减少,规划治理区内的大、中型斑块基本消失,大、中型斑块主要分布在矿山镇西部地区,非工矿建设用地面积急速扩大,导致规划治理区内景观破碎化较严重,拉低了矿山镇的连通性水平。总之,2005 年为斑块类型数量和面积的一个转

折点。 3.3 人为扰动活动对矿山镇景观连通性的作用 对比矿山镇和规划治理区的土地利用转移矩阵(表 1 和表 2)可知,除工矿用地之外,规划治理区的其他 6 种土地类型均与矿山镇的土地类型变化趋势相同。矿山镇工矿用地面积整体呈增加趋势,而规划治理区工矿用地面积最终减少。表明在规划治理区内,通过生态环境治理措施(包括土地复垦、土地整理和土地开发等人类强扰动活动)来解决工矿用地集中区的环境污染问题是可行的,合理的人类强扰动活动对控制矿山镇无节制的矿业开采以及不合理的土地利用具有很大意义。 由表 3 可知,规划治理区内的整体景观连通性指数变化同矿山镇具有相同趋势,2005 年后,规划治理区内增加了人为因素帮助恢复生态环境,但随着部分矿山资源枯竭和矿业秩序的整顿和规范,大批矿山闭矿停产,部分矿山建设用地被闲置或废弃,给生态环境增加了巨大负担。近年来在经济水

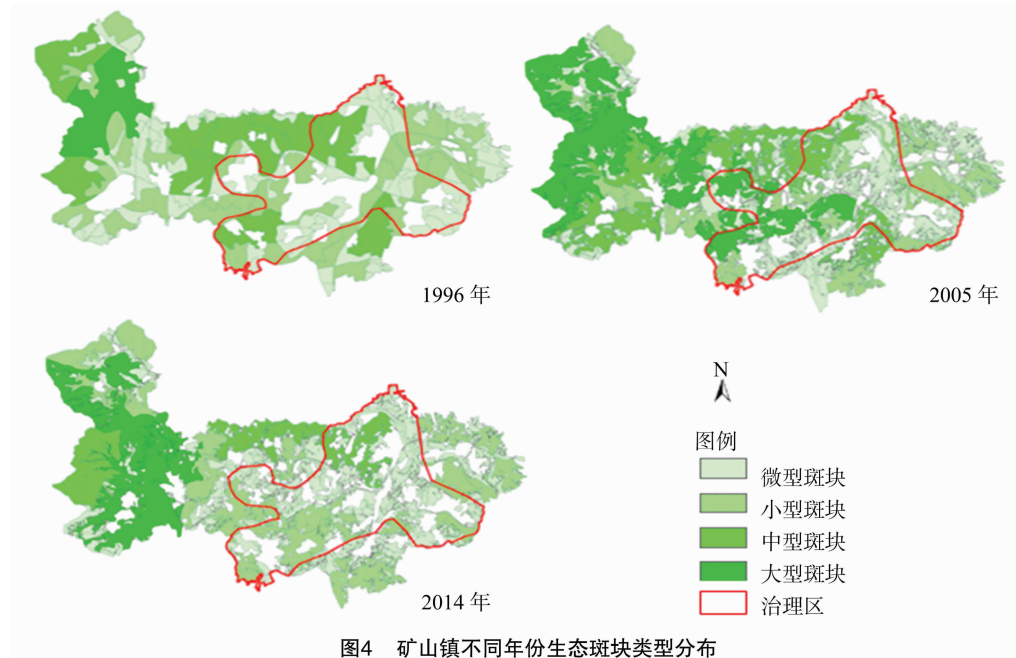


图4 矿山镇不同年份生态斑块类型分布

平的拉动下,采矿活动造成生态环境损害的速度超过了矿区的复垦速度,土地利用格局发生改变,城镇用地和工矿用地不断扩张,导致矿山镇的景观变得破碎化,景观连通性指数降低。

#### 4 结论

1996—2014 年,矿山镇及其规划治理区的土地利用结构发生明显变化。从“退耕还林”到“封山育林”到土地复垦再到不合理的土地利用等人类强扰动活动,使得矿山镇的整体连通性指数先增大后减小,最终阻碍了斑块间的生物流通以及矿山镇生态环境的恢复和优化。此外,规划治理区中的工矿用地面积降低,而矿山镇的工矿用地面积增加,表明人类强扰动活动可有效控制无节制采矿活动。

斑块重要值与斑块面积往往成正比,在 3 期数据中,重要值最大的斑块往往分布在矿山镇西部或西北山区,而中东部地区由于是矿产资源分布带的主要分布区,也是规划治理区所在地,集聚了各类建设用地,景观破碎化严重,微小型斑块居多。通过对生态斑块重要值的计算和分析,可制定重要斑块的保护和利用策略,以保持或者提高生态斑块的连通性。

矿山镇及其规划治理区的 IIC、PC 在 2005 年达到最大值,2005 年是矿山镇景观连通性变化的一个拐点。一般情况下,与自然因素相比,人为因素能够在短时间内提高或者恢复景观连接度。但本研究结果表明,规划治理区的 IIC 变化速率与矿山镇的 IIC 变化速率相当,只是略微偏低。可见,规划治理区内的土地复垦力度不够大,整治结果差强人意,同时也存在其他方面的原因,比如经济水平的提高带动采矿加工业及其附属产业的迅速发展以及城镇化水平的提高,都加剧了景观的破碎化,使得景观连通性降低。

矿山镇作为矿业开采密集区,是环境整治、土地复垦的重点区域,分析其景观连通性变化与人类强扰动活动之间的关系可为景观恢复和土地利用规划提供参考,对矿区生态环境的恢复具有重大意义。

#### 参考文献:

- [1] 黄殿杰,冯源,刘路. 浅谈生态环境与可持续发展[J]. 社会科学(文摘版),2016(6):121.
- [2] 王蓬. 基于景观孤岛化分析的河北传统地域文化景观保护模式[J]. 内蒙古农业科技,2015,43(6):168-171.
- [3] 曹翊坤. 深圳市绿色景观连通性时空动态研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2012.
- [4] 陈杰,梁国付,丁圣彦. 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例[J]. 生态学报,2012,32(12):3773-3781.
- [5] 岳天祥,叶庆华. 景观连通性模型及其应用[J]. 地理学报,2002,57(1):67-75.
- [6] Pascual - Hortal L, Saura S. Comparison and development of new graph - based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation[J]. Landscape Ecology,2006,21(7):959-967.
- [7] 许丽萍. 不同斑块类型粒度效应的比较研究[D]. 南京:南京农业大学,2014.
- [8] 李雯雯,李丽,吴巩固,等. 评估不同尺度下农牧地对滇金丝猴景观连接度的影响[J]. 生态学报,2016,36(24):8136-8144.
- [9] 吴未,范诗薇,许丽萍,等. 无锡市景观指数的粒度效应研究[J]. 自然资源学报,2016,31(3):413-424.
- [10] 李谦,戴靓,朱青,等. 基于最小阻力模型的土地整治中生态连通性变化及其优化研究[J]. 地理科学,2014,34(6):733-739.
- [11] 焦胜,李振民,高青,等. 景观连通性理论在城市土地适宜性评价与优化方法中的应用[J]. 地理研究,2013,32(4):720-730.
- [12] 陈思清,汪洁琼,王南. 融合景观连通性的城镇规划与生物多样性生态服务效能优化[J]. 风景园林,2017(1):66-81.
- [13] 孟灵,闫淑君,卢清水,等. 城市化发展对森林景观连接度的影响——以山东半岛东部地区为例[J]. 福建林学院学报,2012,32(4):289-295.
- [14] 周圆,张青年. 道路网络对物种迁移及景观连通性的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(2):440-446.



文亚雄,谭石勇,邱尧,等. 1 株秸秆降解高温菌的筛选、鉴定及堆肥应用[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):296-300.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.069

# 1 株秸秆降解高温菌的筛选、鉴定及堆肥应用

文亚雄,谭石勇,邱尧,刘备,杨丽丽,刘翔,杨梅玉

(湖南泰谷生物科技股份有限公司农业生物技术研究院/农业部植物营养与生物肥料重点实验室,湖南长沙 410300)

**摘要:**秸秆直接还田及焚烧对植物及环境都有不利的影响,堆肥还田是一种解决其不利影响的有效途径。通过高温筛选、产酶筛选,从菇渣中筛选得到 3 株在 40 ℃ 条件下可生长的产纤维素酶细菌。通过秸秆崩解试验,G2 在以豆粕为氮源的条件下降解效果最佳,秸秆降解率达到 14.59%。通过对菌株的形态特征观察、部分生理生化试验和 DNA 基因鉴定,初步确定 G2 属于芽孢杆菌属。对发酵培养基进行初步优化,优化后培养基为可溶性淀粉 30.0 g/L,酵母膏 37.5 g/L,磷酸二氢钾 1.0 g/L,菌体浓度较初始发酵浓度提高了 117.92%。通过堆肥试验,G2 处理堆肥物料有机质含量最高下降近 27%,堆内温度高于 50 ℃ 的时间均超过 8 d,达到了无害化处理的要求,且 GI 指数达到了 142.54%,各项指标均优于市售菌剂处理,秸秆完全腐熟且对植物无害,对植物生长有促进作用。

**关键词:**秸秆降解;筛选;堆肥应用

**中图分类号:** S182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0296-05

作物秸秆是农业生产中产生的一种大量废弃物,我国是世界秸秆产量最高的国家之一,占全世界秸秆总量的 30% 左右<sup>[1]</sup>。我国每年产生的秸秆约有 7 亿 t,根据其氮、磷、钾养分含量计算,相当于 350 多万 t 氮肥,800 多万 t 钾肥,80 多万 t 磷肥<sup>[2]</sup>。将秸秆还田是农田土壤有机质的重要来源,也可节约大量化肥的施用,然而我国秸秆还田率还不足 50%,在国家明令禁止露天焚烧秸秆以前,约 97% 的秸秆被焚烧、堆积或者遗弃,极大地造成了资源的浪费,同时也严重污染了环境<sup>[3-4]</sup>。秸秆还田方式包括覆盖还田、粉碎还田、堆肥还田及过腹还田等<sup>[5]</sup>,其中,前 3 种还田方式适用于大量秸秆的处理,但覆盖还田和粉碎还田属于直接还田,秸秆腐解速度慢,

还易引发病虫害<sup>[6-7]</sup>。通过堆肥方式将秸秆制成有机肥还田,不但能大量处理秸秆,还能加快秸秆的腐解,提高肥效,改良土壤,培肥地力,是解决我国当前有机肥短缺的有效途径。

秸秆主要由纤维素、半纤维素和木质素构成,约占秸秆干质量的 80%,其中纤维素与木质素较难被分解<sup>[8]</sup>。在秸秆细胞中,木质素、纤维素与半纤维素等交联沉积在细胞壁中,木质素还可通过多糖桥交联影响微生物降解纤维多糖。细菌因其体积小、营养吸收面大、物质交换快等特点,常被用于堆肥生产<sup>[9]</sup>。针对秸秆中纤维素含量较高。堆肥过程中堆体内温度较高的特点,本研究通过筛选耐高温产纤维素酶的微生物,进行秸秆崩解及堆肥试验,以期筛选出简单高效的秸秆堆肥菌剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 试验样品 平菇菇渣,以木屑为主要原料,在自然堆积过程中可升温至 60 ℃ 以上。

收稿日期:2017-06-07

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0300904-2)。

作者简介:文亚雄(1990—),男,湖南宁乡人,硕士,主要从事土壤及肥料微生物研究。E-mail:564795454@qq.com。

通信作者:谭石勇,博士,农艺师,主要从事土壤微生物研究。E-mail:shiy-tan@hotmail.com。

[15] 贺文龙,殷守强,门明新,等. 基于景观连通性的怀来县未利用地开发建设适宜性评价[J]. 中国生态农业学报,2016,24(7):969-977.

[16] 刘世梁,杨珏婕,安晨,等. 基于景观连接度的土地整理生态效应评价[J]. 生态学杂志,2012,31(3):689-695.

[17] 孙贤斌,刘红玉. 土地利用变化对湿地景观连通性的影响及连通性优化效应——以江苏盐城海盐湿地为例[J]. 自然资源学报,2010,25(6):892-903.

[18] 侍昊,徐雁南. 基于景观连通性的城市绿地核心区规划方法研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2011,35(1):51-56.

[19] Saura S, Torné J. Conefor sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity[J]. Environmental Modelling & Software, 2009, 24(1):135-139.

[20] 饶永恒,张建军,徐琴,等. 自然-人为双重作用下的矿业城市景观连通性分析[J]. 环境工程,2015,33(增刊1):876-882.

[21] 吴健生,刘洪萌,黄秀兰,等. 深圳市生态用地景观连通性动态评价[J]. 应用生态学报,2012,23(9):2543-2549.

[22] Pascual-Hortal L, Saura S. Impact of spatial scale on the identification of critical habitat patches for the maintenance of landscape connectivity[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 83(2/3):176-186.

[23] Saura S, Pascual-Hortal L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: comparison with existing indices and application to a case study[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 83(2/3):91-103.

[24] 侍昊,鲜明睿,徐雁南,等. 城市潜在绿色廊道构建方法——以常州市为例[J]. 林业科学,2013,49(5):92-100.