

李 雪, 李 钢, 徐嘉兴. 采矿扰动下徐州地区土地利用与景观格局演变[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(10): 313–317.

# 采矿扰动下徐州地区土地利用与景观格局演变

李 雪<sup>1</sup>, 李 钢<sup>1,2</sup>, 徐嘉兴<sup>1,2</sup>

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221116; 2. 国土环境与灾害监测国家测绘局重点实验室, 江苏徐州 221116)

**摘要:**以江苏省徐州市 2000、2005、2010 年 Landsat TM/ETM 影像为基础数据源, 利用 RS、GIS 技术和景观生态学方法, 考虑采矿扰动的影响, 对研究区 2000—2010 年的土地利用和景观格局时空变化特征进行分析。结果表明: 采煤塌陷地面积逐年减少, 且 2005—2010 年由于政府加强了对采煤塌陷地的整治, 矿区生态环境向良好方向发展。研究区整体景观呈现单一、非均匀化的发展趋势, 2010 年聚集程度最高, 但斑块间的连通性最低。

**关键词:**江苏徐州; 采矿; GIS; 土地利用; 景观格局; 演变

**中图分类号:** P901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0313-04

土地利用/覆被变化 (LUCC) 是全球变化研究的热点课题<sup>[1]</sup>, 对研究土壤侵蚀、气候变化、生物多样性分布具有重要意义<sup>[2]</sup>。LUCC 作为一个国际性研究计划, 涉及人类生态学、土地经济学、历史遥感、地理信息系统等多个学科, 研究主题遍布全世界, 及时关注其研究进展与成果, 并积极参与其中, 推进我国的土地利用与覆被变化研究, 对我国未来土地科学发展和土地资源的可持续利用具有积极意义<sup>[3-4]</sup>。景观格局是景观空间结构特征有规律的表现形式, 通过格局分析, 可确定产生和控制空间格局的因子和机制, 比较不同景观的空间格局和效应, 分析空间格局的性质等<sup>[5]</sup>。土地利用/覆被变化直接影响区域景观生态系统, 而景观生态系统研究是全球变化区域响应研究重要的切入点之一, 因此在景观尺度上研究景观结构与空间格局演变对区域生态系统功能的影响, 一直是景观生态学研究热点问题之一<sup>[6]</sup>。

目前, 国内外对土地覆被变化和景观格局演变的研究主要集中于发展较快的大中城市、城市边缘和城市郊区<sup>[7-13]</sup>。随着国家对土地资源调查的重视, 某一区域更为详尽的土地利用基础数据较容易获得, 本研究利用 3 个时相的 Landsat TM/ETM 遥感影像辅以地形图等资料, 以江苏省徐州市为研究区, 着重对采煤塌陷地进行了研究, 通过遥感影像分类、土地覆盖变化、景观生态学理论等, 对徐州市土地覆盖变化和景观格局演变进行了综合分析和评价。

## 1 研究区概况

江苏省徐州市 (33°43′~34°58′N, 116°22′~118°40′E) 位于黄淮平原的南部, 地处苏鲁豫皖四省接壤地区, 总面积为 3 021.52 km<sup>2</sup>。全市现辖五区三县二市, 五区分别是泉山区、云龙区、鼓楼区、铜山区、贾汪区; 三县为睢宁县、丰县、沛县; 二市为邳州市、新沂市。徐州市作为华东地区产煤基地之一,

采矿塌陷情况尤为严重, 矿区主要分布在贾汪区和原来的九里区, 及时掌控土地复垦状况以及塌陷情况是保证政府采取针对性、有效性战略决策的基础, 从而使徐州市土地资源可持续利用, 实现徐州经济高效、稳定的发展。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源及处理

本研究采用了 20 世纪 90 年代末期、2005 年 Coverage 格式数据及 2000、2005、2010 年 3 期的 Landsat TM/ETM 多光谱遥感影像, 成像质量和成像时的天气状况都比较理想, 成像季节为秋季; 收集了行政区划图、江苏地形图等辅助资料, 并利用这些图件辅助进行遥感影像的配准及分类处理。利用 Erdas 9.1 软件对 3 个时相的遥感影像进行多波段影像合成、拼接、直方图匹配和几何校正 (误差控制在 1 个像元以内)。根据国土资源部 2001 年颁布的《全国土地分类 (试行)》和徐州矿区的实际情况, 将土地分为耕地 (旱地、水田)、林地 (有林地、灌木林、疏林地、其他林地)、草地 (高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地)、水域 (水库塘坑、河流、湖泊、滩地)、建设用地 (城镇用地、农村居民点、其他建设用地)、未利用地 (沙地、裸土地、裸岩石砾地)、采煤塌陷地等 7 个地类。在 Erdas 9.1 软件中, 以 20 世纪 90 年代末期、2005 年的土地利用数据为基础, 采用直接判读法对 2000、2005 年的 TM 影像进行解译和修改, 得到 2000、2005 年的土地利用数据, 再以 2010 年的 ETM 数据为底图, 在 2005 年的土地利用图的基础上解译和提取, 生成 2010 年的土地利用现状图, 最终得到徐州地区的 3 期土地利用数据。对解译成果精度评价 (以 2010 年为例) 主要采用同期的土地调查资料和典型区域野外抽样调查, 耕地、建设用地、水域的解译精度在 94% 以上, 林地、草地、未利用地、采煤塌陷地的解译精度在 80% 左右, 总体精度在 88% 以上。

### 2.2 研究方法

土地利用动态度分为单一土地覆盖动态度和综合动态度。单一土地动态度  $K$  表示研究区一定时间范围内某种土地覆盖类型的数量变化情况; 综合土地利用动态度  $C$  描述整个区域土地覆盖变化的速度, 综合考虑了研究期内土地覆盖类型间的转移。计算公式如下:

收稿日期: 2013-06-28

基金项目: 国土资源部公益专项基金 (编号: 2012110011); 国家科技支撑计划 (编号: 2012BAB11B06); 江苏高校优势学科建设工程资助项目 (编号: SZBF2011-6-B35)。

作者简介: 李 雪 (1987—), 女, 河北唐山人, 硕士, 主要从事遥感和 GIS 应用开发研究。E-mail: lixueb2141@163.com。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{t} \times 100\% \tag{1}$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{1i} - \Delta U_{0i}|}{\sum_{i=1}^n U_i} \times \frac{1}{t} \times 100\% \tag{2}$$

式中： $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究初期和末期某一土地覆盖类型的面积； $t$  为研究时长，当  $t$  的时段设为年时， $K$  则为该研究区某种土地覆盖类型年变化率； $\Delta U_{1i}$  为研究期内其他类型转变为  $i$  类型的面积之和，即转入量； $\Delta U_{0i}$  为研究期内  $i$  类型转变为其他类型的面积之和，即转出量； $U_i$  为研究初期第  $i$  类土地覆盖类型的面积<sup>[14-18]</sup>。

景观格局是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的排列，它是景观异质性的重要表现，又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果。利用 ArcGIS 9.3 软件将 3 期土地利用数据转成 30 m × 30 m 的栅格数据，然后采用 Fragstas 3.3 软件计算景观格局指数，从斑块类型水平、景观水平 2 个层面选取斑块密度 (PD)、边缘密度 (ED)、最大斑块指数 (LPI)、斑块面积比例 (PLAND)、平均形状指数 (SHAPE\_MN)、面积加权分维数 (FRAC\_AM)、香农多样性指标 (SHDI)、香农均匀度指标 (SHEI)、蔓延度指标 (CONTAG)、散布与并列指标 (IJI) 进行定量分析，计算方法及生态意义参见文献[19-21]。

3 结果与分析

3.1 土地覆盖变化分析

江苏省徐州市 2000—2010 年 3 个时相的土地利用解译结果见图 1。不同土地利用类型面积的统计结果及动态见表 1、表 2。土地利用类型转移矩阵见表 3、表 4。

综合表 1、表 3 可以看出，2000—2005 年间，建筑用地的增加量主要由耕地转化而来，建筑用地的减少量中大部分转化为耕地，林地转化为耕地的面积为 4 208.80 hm<sup>2</sup>，同时耕地成为林地的最大的转入量，转入面积为 1 145.23 hm<sup>2</sup>，与林地转化为耕地的面积相差很大，因此林地的面积减少了，应加快退耕还林的步伐。5 年间，草地的面积减少了，未利用土地的面积增加了。水域的增加量主要由耕地和采煤塌陷地转化而来，而转出量较少，因此水域面积增加了。采煤塌陷地的面积减少了，主要转化为耕地和水域，而转入量较少。采煤塌陷地的减少主要与政府对采煤塌陷地的整治密切相关，将部分采煤塌陷地改造成了耕地，一些积水塌陷地改造为渔塘或人造湖公园，提高了土地的利用率，满足了人们生产和休闲的需求。

综合表 1、表 4 可以看出，2005—2010 年间，耕地和建筑用地较大幅度转入和转出依然是造成两者面积变化的主要原因。耕地在此期间减少了 1.11%，其中转化为建筑用地的面积为 11 412.04 hm<sup>2</sup>，成为建筑用地的主要增加源，转化为林地的面积为 2 215.02 hm<sup>2</sup>，使林地占矿区土地覆盖的百分比增加了 0.43 百分点。水域面积增加，采煤塌陷地成为其主要的增加源。采煤塌陷地面积减少，说明在此期间对矿区的适度开采和综合治理取得了一定的成效，矿区环境朝着良好的态势发展。

从表 2 可以看出，2000—2005 年单一土地利用动态度最大的是未利用地；2005—2010 年单一土地利用动态度最大的是采煤塌陷地。而从综合土地利用动态度所反映的各土地利

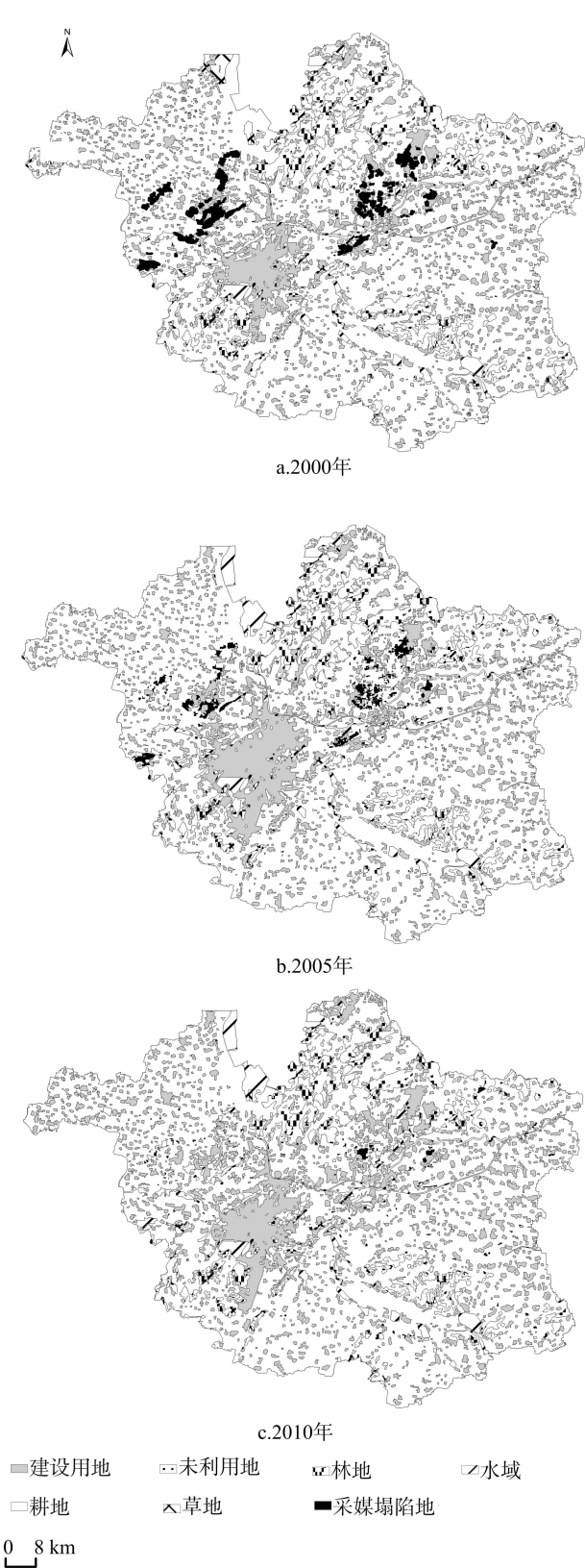


图1 江苏省徐州市土地利用/覆被分类

用类型的内部变化来看，近 10 年来，徐州市综合土地利用动态度呈现减少趋势，前 5 年 (2000—2005) 土地利用类型转变较为剧烈，土地流转过于频繁。

表 1 2000—2010 年徐州市土地利用结构变化

类型	2000 年		2005 年		2010 年	
	面积 (km <sup>2</sup> )	比重 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比重 (%)	面积 (km <sup>2</sup> )	比重 (%)
耕地	2 076.31	68.72	2 066.39	68.39	2 043.40	67.63
林地	304.74	10.09	263.46	8.72	276.41	9.15
草地	40.96	1.36	32.06	1.06	29.78	0.99
建筑用地	458.30	15.17	513.63	17.00	524.92	17.37
水域	96.28	3.19	105.28	3.48	131.77	4.36
采煤塌陷地	39.30	1.30	32.90	1.09	10.83	0.36
未利用地	5.64	0.19	7.80	0.26	4.42	0.15

表 2 2000—2010 年徐州市土地利用动态度

类型	2000—2005 年		2005—2010 年	
	单一动态度 (%)	综合动态度 (%)	单一动态度 (%)	综合动态度 (%)
耕地	0.10	0.88	0.22	0.67
林地	2.71		0.98	
草地	4.35		1.42	
建筑用地	2.42		0.44	
水域	1.87		5.03	
采煤塌陷地	3.26		13.42	
未利用地	7.67		8.67	

表 3 2000—2005 年徐州市土地利用类型转移矩阵

hm<sup>2</sup>

2000 年类型	2005 年类型							
	耕地	林地	草地	建筑用地	水域	采煤塌陷地	未利用地	总计
耕地	192 063.85	1 145.23	193.96	10 853.49	2 593.02	589.74	192.10	207 631.40
林地	4 208.80	24 169.29	483.05	1 495.91	53.68	0.97	62.16	30 473.86
草地	1 335.90	106.57	2 293.74	217.59	140.68	1.36	0	4 095.85
建筑用地	6 581.86	724.68	194.84	37 913.06	134.47	245.39	35.26	45 829.56
水域	1 447.25	59.49	34.88	643.75	7 269.75	101.08	71.91	9 628.10
采煤塌陷地	932.71	1.53	0	213.90	336.74	2351.54	93.22	3 929.65
未利用地	68.10	139.39	5.27	25.71	0	0	325.03	563.50
总计	206 638.48	26 346.18	3 205.74	51363.40	10 528.34	3 290.09	779.69	

表 4 2005—2010 年徐州市土地利用类型转移矩阵

hm<sup>2</sup>

2005 年类型	2010 年类型							
	耕地	林地	草地	建筑用地	水域	采煤塌陷地	未利用地	总计
耕地	190 742.56	2 215.02	191.27	11 412.04	1 648.26	414.93	14.48	206 638.54
林地	1 226.52	23 422.40	233.69	1 276.34	65.03	26.28	95.93	26 346.19
草地	239.62	212.28	2295.03	387.22	28.06	43.54	0	3 205.74
建筑用地	10 370.18	1 696.10	164.63	38 500.12	585.66	42.73	3.97	51 363.40
水域	815.99	54.36	93.23	360.64	9 024.26	179.92	0	10 528.40
采煤塌陷地	714.34	6.56	0	490.47	1 714.64	364.10	0	3 290.12
未利用地	230.96	34.24	0	65.02	110.53	11.44	327.51	779.69
总计	204 340.16	27 640.97	2 977.84	52 491.84	13 176.45	1 082.93	441.90	

### 3.2 景观格局变化分析

3.2.1 景观类型水平(class level)变化分析 采用景观格局指数计算软件 Fragstas 3.3 计算各景观指数,以反映出各个景观类型的结构特征,揭示其变化特点和趋势。

3.2.1.1 景观类型优势度分析 在景观格局指标中,通常用斑块面积比例和最大斑块指数来表征某种景观类型在整个景观中的优势度。由表 5 可以看到,这 2 个优势指标的变化趋势基本一致,即 2000 年时耕地处于绝对的优势地位,但其优势度逐渐降低。2010 年时采煤塌陷地出现大幅度的下降,说明有关部门对采煤塌陷地进行了合理的规划,使其转变为其他的景观类型。

3.2.1.2 景观类型形状特征分析 在平均形状指标中,水域和未利用地呈现上升趋势,说明水域和未利用地形状趋于复杂;耕地、林地、草地、建设用地、采煤塌陷地的平均形状指数均表现出曲线摆动的形式,其中采煤塌陷地变化幅度较大。这主要是因为,在矿区迅速发展过程中,开始的时候采煤陷

地分布零散,形状不规则,后来由于有关部门的整治,将采煤塌陷地开垦为部分耕地或水域,斑块的形状也更加规则,与前面指标反映出的结果一致。面积加权分维数体现斑块的自相关性,与人类活动的影响程度成反比。耕地、林地和水域的分维数值较高,而草地、建设用地、采煤塌陷地、未利用地的分维数值较低。2005—2010 年,建设用地、水域和采煤塌陷地的分维数值表现出明显的下降趋势,说明该指标受人为活动的影响程度加大。

3.2.1.3 景观类型破碎度分析 在景观格局指标中,一般用斑块密度指数和边缘密度指数联合表征景观类型的破碎度。通过对比 2 个破碎度指标可以看出,2000—2010 年间,耕地、建设用地和未利用地经历了一个从小破碎度到大破碎度,再由大破碎度到小破碎度的过程;水域与之相反;林地和草地破碎度逐渐减小;采煤塌陷地破碎化程度逐渐加大。

3.2.2 景观格局水平(land level)指数分析 通过对表 6 进行分析,可以得到以下结论:(1)最大斑块指数反映了景观格

局的优势度。该指数在研究期间内逐渐减小、没有起伏,说明对整个景观影响较大的景观类型始终没有改变,研究区中耕地的优势度最大,且随着时间的推移优势度呈下降趋势。(2)香农多样性指数反映景观的异质性,香农均匀度指数反映景观分布的均匀程度。2000—2010 年间,香农多样性指标逐渐降低,表明景观呈现非对等、非均匀化发展趋势,使得均匀度

指数不断降低;香农均匀度指标恰好证明了这一点,其变化趋势与香农多样性指标一致。(3)蔓延度指标和散布与并列指标联合表达了景观的聚集度、镶嵌度和连通度。2000—2010 年间,蔓延度指数呈现上升趋势,说明 2010 年斑块聚集程度最高;散布与并列指数逐年降低,说明斑块的连通性不断下降,在 2010 年达到最低点。

表 5 景观类型水平景观格局指数统计

类型	斑块密度(个/km <sup>2</sup> )			边缘密度(m/hm <sup>2</sup> )			最大斑块指数		
	2000 年	2005 年	2010 年	2000 年	2005 年	2010 年	2000 年	2005 年	2010 年
耕地	0.029 1	0.031 4	0.030 8	20.145 1	19.671 6	20.163 7	52.895 9	52.558 0	52.342 1
林地	0.078 1	0.077 4	0.074 1	5.625 9	5.101 9	5.255 1	1.753 3	1.148 7	1.731 3
草地	0.025 5	0.024 5	0.024 2	1.156 9	1.049 9	1.074 8	0.391 0	0.080 9	0.073 3
建设用地	0.541 4	0.548 7	0.510 3	14.613 2	14.641 2	14.991 5	2.481 1	4.540 2	3.337 2
水域	0.146 6	0.060 9	0.081 4	3.375 1	2.549 8	3.417 0	0.645 2	0.612 1	0.598 1
采煤塌陷地	0.029 5	0.031 1	0.037 7	1.096 1	1.097 9	0.594 9	0.159 7	0.136 5	0.057 4
未利用地	0.012 2	0.014 2	0.007 9	0.249 3	0.326 4	0.198 6	0.020 8	0.029 8	0.016 7

类型	斑块面积比例			平均形状指数			面积加权分维数		
	2000 年	2005 年	2010 年	2000 年	2005 年	2010 年	2000 年	2005 年	2010 年
耕地	68.708 5	68.390 0	67.629 5	2.126 5	2.034 3	2.087 5	1.305 7	1.303 6	1.306 5
林地	10.091 7	8.721 0	9.147 7	1.662 8	1.632 1	1.680 9	1.153 6	1.142 4	1.155 3
草地	1.355 9	1.061 5	0.986 1	1.733 5	1.671 8	1.756 5	1.116 9	1.104 5	1.112 4
建设用地	15.172 4	16.997 2	17.372 0	1.369 3	1.343 1	1.362 8	1.098 9	1.111 3	1.102 5
水域	3.184 9	3.484 4	4.361 0	1.399 8	1.515 0	1.578 2	1.135 9	1.129 1	1.120 8
采煤塌陷地	1.300 1	1.088 0	0.357 8	1.521 2	1.587 6	1.387 3	1.088 9	1.114 9	1.068 9
未利用地	0.186 5	0.257 9	0.145 9	1.372 0	1.389 5	1.470 4	1.066 2	1.066 8	1.075 5

表 6 景观格局水平景观格局指数统计

年份	最大斑块指数	平均形状指数	面积加权分维数	香农多样性指数	香农均匀度指数	蔓延度指标	散布与并列指标
2000	52.895 9	1.442 6	1.247 7	1.011 7	0.519 9	69.467 5	52.157 9
2005	52.558 0	1.433 0	1.246 0	1.003 6	0.515 7	69.843 6	49.683 7
2010	52.342 4	1.460 3	1.246 0	0.999 2	0.513 5	69.867 8	48.599 9

4 结论

通过对不同时相的 Landsat TM/ETM 影像进行空间分析,可以满足矿区较长时期土地覆盖变化和景观格局演变动态监测的需求。

10 年间,耕地始终是徐州市土地覆盖的主导景观类型,其次为建设用地,且耕地面积一直减少,建筑用地与之相反。研究区各个景观类型之间发生了不同程度的转化:2000—2005 年间,耕地、建设用地、林地及采煤塌陷地之间较大幅度地转入和转出是造成整个矿区土地覆盖变化的主要原因。2000—2010 年间,采煤塌陷地和未利用地变化速度相对其他土地类型变化较快,这与政府加强了矿区的整治密不可分,主要是有关部门对矿区塌陷地进行了复垦,对工矿用地进行了合理的规划。

10 年来,研究区景观聚集度不断升高,斑块连通性不断下降。景观优势度最大的始终为耕地,对整体景观影响较大的景观类型始终没有改变,研究区整个景观呈现出非对等、非均匀化的发展趋势,表明处于主导地位的景观类型与其他景观类型间的差异在加大。采煤塌陷地的优势度在 2010 年时出现大幅度的下降,且采煤塌陷地的面积加权分维数在 2005—2010 年间出现下降趋势,这些都说明有关部门对采煤

塌陷地进行了合理的规划,采煤塌陷地得到了综合治理,矿区生态环境向良好的方向发展。

参考文献:

[1]刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究,2002,21(3):324-330.  
[2]于兴修,杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J]. 地理科学进展,2002,21(1):51-57.  
[3]侯 飞,胡召玲. 基于 GIS 的徐州市区景观格局变化分析[J]. 地域研究与开发,2012,31(1):156-160.  
[4]李保杰,顾和和,纪亚洲,等. 基于地学信息图谱的矿业城市空间扩展研究——以徐州市为例[J]. 地域研究与开发,2012,31(1):50-54.  
[5]傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001:201-207.  
[6]郭友红,李树志,高均海. 采煤沉陷区复垦景观格局分析[J]. 矿山测量,2012(1):63-65,71.  
[7]张本昀,申怀飞,郑敬刚,等. 河南省土地利用景观格局分析[J]. 资源科学,2009,31(2):317-323.  
[8]苏 珊,李鹏山,张明湖,等. 海口市滨海旅游区 LUCC 景观格局特征和演变规律[J]. 海南师范大学学报:自然科学版,2011,24(2):216-223.

王俊英,侯小歌,张杰,等. 高产酯化酶霉菌和醋酸菌混合发酵初探[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):317-319.

# 高产酯化酶霉菌和醋酸菌混合发酵初探

王俊英<sup>1</sup>, 侯小歌<sup>1</sup>, 张杰<sup>1</sup>, 李学思<sup>2</sup>, 李绍亮<sup>2</sup>, 胡炳义<sup>1</sup>

(1. 周口师范学院生命科学系, 河南周口 466001; 2. 河南省宋河酒业股份有限公司, 河南鹿邑 477265)

**摘要:**以宋河酒曲中分离得到的高产酯化酶霉菌和醋酸菌为菌种进行混合发酵。以酯化酶活性为考察指标, 选择混菌比例、接种量、初始 pH 值、生长温度为影响因素, 通过单因素试验和正交试验确定最优混菌发酵条件。结果表明: 最优混菌发酵条件为混菌比例 4:2、初始 pH 值 6、温度 28 ℃、接种量 8%, 最高酶活可达 31.79 U/mL。

**关键词:**霉菌; 醋酸菌; 酯化酶; 混菌发酵

**中图分类号:** TQ925 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0317-03

酯化酶别称酯酶, 是脂肪酶、酯合成酶、磷酸酯酶的统称。在适当条件下, 酯化酶可直接催化酸与醇合成酯, 大大加快反应速度, 缩短白酒的发酵周期, 提高出酒率与优质品率, 实现普通白酒向优质酒转化<sup>[1-2]</sup>。产生酯化酶的微生物包括细菌、丝状真菌、酵母等。其中, 霉菌酯酶因具有活性高、生产成本低、固体发酵操作简便等优点得以广泛应用。醋酸菌发酵过程中产生的醋酸是白酒的主要香味成分, 同时也是丁酸、己酸及其酯类的前提物<sup>[3]</sup>。酯化酶的反应特性不仅与酯化菌有关, 且相同的酯化酶对不同酸的合成能力也不一样。目前已有关于多菌种混合发酵在食品发酵、新型资源及能源开发利用、促进产物转化和环境保护等方面的应用报道<sup>[4-9]</sup>。本试验探究宋河酒曲中霉菌和醋酸菌混合发酵的条件, 旨在为

复合酯化酶菌剂的开发应用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 菌株来源 霉菌, 周口师范学院生命科学系发酵工程实验室, 编号为 13。醋酸菌, 周口师范学院生命科学系发酵工程实验室, 编号为 1<sup>#</sup>OAB3。

1.1.2 主要试剂 环己烷、乙醇、己酸、无水硫酸钠、酚酞、乙醇、氢氧化钠。

1.1.3 培养基 霉菌活化培养基(查氏)<sup>[10]</sup>: 硝酸钠 0.3%, 硫酸亚铁 0.001%, 硫酸镁 0.05%, 磷酸氢二钾 0.1%, 氯化钾 0.05%, 蔗糖 3%, 琼脂 1.5%~2%, pH 值自然, 0.1 MPa、121 ℃ 灭菌 30 min。醋酸菌活化培养基<sup>[11-12]</sup>: 酵母膏 1%, 葡萄糖 1%, 琼脂 2%, 碳酸钙 2% (单独灭菌, 倒平板前加), 体积分数为 95% 的乙醇 2% (使用前加入), 0.1 MPa、121 ℃ 灭菌 30 min。发酵培养基: 麸皮和水按照 1:4 比例混合, 0.1 MPa、121 ℃ 灭菌 30 min。

### 1.2 主要仪器与设备

SW-CJ-2FD 型洁净工作台, LHR 系列生化培养箱, PL601-L 电子天平, THZ-98AB 恒温振荡器, 手提式不锈钢

收稿日期: 2013-03-28

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划(编号: 2010B180031);

周口师范学院科研成果孵化专项(编号: 2011-zknufh-01); 周口师范学院青年科研基金(编号: 2012QNB16)。

作者简介: 王俊英(1981—), 女, 河南周口人, 硕士, 讲师, 从事发酵工程与酶工程研究。E-mail: lehuantian@163.com。

通信作者: 胡炳义, 教授, 从事生物技术研究。E-mail: bingyihu@126.com。

[9] 韩武波, 贾薇, 孙泰森. 基于 3S 的平朔矿区土地利用及景观格局演变研究[J]. 中国土地科学, 2012, 26(4): 60-65.

[10] Kamusoko C, Aniya M. Hybrid classification of landsat data and GIS for land use/cover change analysis of the Bindura district, Zimbabwe[J]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30(1): 97-115.

[11] Dube F, Zagal E, Stolpe N, et al. The influence of land-use change on the organic carbon distribution and microbial respiration in a volcanic soil of the Chilean Patagonia[J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257(8): 1695-1704.

[12] Canora F, Fidelibus M D, Sciortino A, et al. Variation of infiltration rate through karstic surfaces due to land use changes: a case study in Murgia (SE - Italy) [J]. Engineering Geology, 2008, 99(3/4): 210-227.

[13] Wu J G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations[J]. Landscape Ecology, 2004, 19(2): 125-138.

[14] 李国庆, 王孝安, 郭华, 等. 陕西子午岭生态因素对植物群落

的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2463-2471.

[15] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650.

[16] 李红梅, 马友鑫, 郭宗峰, 等. 基于 RS 和 GIS 的西双版纳土地覆被动态变化[J]. 山地学报, 2007, 25(3): 280-289.

[17] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.

[18] 吴春花, 杜培军, 谭琨. 煤矿区土地覆盖与景观格局变化研究[J]. 煤炭学报, 2012, 37(6): 1026-1033.

[19] 白海花, 王林和, 张国盛, 等. 基于 3S 技术的鄂尔多斯市东胜区土地利用景观格局变化分析[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2012, 33(2): 89-95.

[20] 曾从盛, 郑彩红, 陈渠, 等. 基于 3S 技术的福建省湿地景观格局特征分析[J]. 亚热带资源与环境学报, 2007, 2(4): 24-32.

[21] 贡璐, 师庆东, 潘晓玲, 等. 阿克苏绿洲景观格局特征分析[J]. 新疆大学学报: 自然科学版, 2004, 21(1): 34-37.