

长沙市耕地集约利用时空变化分析

邓楚雄¹, 谢炳庚^{1*}, 李晓青¹, 贺曲夫², 朱东国¹

(1. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 长沙 410081; 2. 湖南科技大学商学院, 湘潭 411201)

摘要: 为准确把握区域耕地集约利用时间变化规律和空间分异特征, 利用 2001—2009 年长沙市各县(市、区)土地利用变更数据和相关社会经济资料, 以耕地集约利用为目标, 尝试性地构建了包含 3 个层次、12 项具体指标的耕地集约利用评价指标体系; 采用以主成分分析为主的方法评价长沙市各区域耕地集约利用时序变化规律; 以模糊综合评判为主的方法评判长沙市耕地集约利用空间分异特征。结果表明: 2001—2009 年, 市辖区和东部远郊的浏阳市耕地集约利用度波动式上升趋势明显; 东部中郊的长沙县耕地集约利用度经过前期(2001—2004 年)短暂的上升—下降后, 呈连年快速增长的态势; 位于西部中、远郊的望城和宁乡 2 县耕地集约利用度变化轨迹基本上体现为持续稳步增加。2009 年, 市辖区和西部中郊的望城县耕地处于高度集约利用状态, 集约利用综合评分分别为 0.8638、0.8456; 东部中郊的长沙县耕地处于中度集约利用状态, 集约利用综合评分为 0.7643; 西、东部远郊的宁乡县和浏阳市耕地处于一般集约利用状态, 集约利用综合评分分别为 0.6902、0.6645。2 种方法的集成运用为相关地区为耕地集约利用评价研究提供了借鉴, 研究结果为促使长沙市在经济快速发展过程中耕地集约利用水平的提高提供了决策支持。

关键词: 土地利用, 主成分分析, 指标, 耕地集约利用, 时空变化, 长沙市

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.01.041

中图分类号: F301.24

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-01-0230-08

邓楚雄, 谢炳庚, 李晓青, 等. 长沙市耕地集约利用时空变化分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 230—237.

Deng Chuxiong, Xie Binggeng, Li Xiaoqing, et al. Analysis on spatial-temporal change of cultivated land intensive use in Changsha city[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1): 230—237. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国是世界上国土面积第 3 大国家, 但耕地面积仅占国土总面积的 12.68%, 加之人口众多, 人均耕地面积仅为 0.09 hm², 不及世界平均水平的一半(0.192 hm²), 人均耕地明显不足^[1]。中国正处于经济快速转型时期, 随着工业化、城镇化和现代化进程的加速推进, 人口的不断增长, 经济的高速发展, 有限耕地资源减少与建设用地扩张间的矛盾日益尖锐^[2], 耕地保护态势十分严峻。因此, 如何集约高效利用各类土地, 减缓耕地流失速度, 妥善处理好庞大人口“吃饭”问题与保障经济较快发展之间的关系, 已引起中国政府高度重视, 也成为相关专家学者研究的热点。由于建设用地利用效率的提高可以直接减少非农建设对耕地资源的占用, 因而国内土地集约利用方面的前期研究主要集中在城镇、工业园区、农村居民点等非农建设用地方面^[3]。近年来, 人们逐渐认识到农用地利用程度的变化可能比耕地面积减少对中国粮食安全

的威胁更大, 因此呼吁加强农用地内部利用方式与利用程度变化规律研究^[4-6]。耕地是农用地中的精华, 耕地集约利用不仅关系到国家粮食安全, 也关系到农民增收等“三农”问题, 同时还关系到区域可持续发展^[7], 耕地集约利用现实意义重大。

目前, 相关研究主要集中在耕地集约利用变化驱动力研究^[8-9]、耕地集约利用评价方法研究^[10-11]、耕地集约利用时间变化规律研究^[12-13]、耕地集约利用空间分异特征研究^[14-15]等方面, 总的来看, 耕地集约利用研究势在必行, 尽管有学者选用某种方法开展了具体区域耕地集约利用时间变化规律或空间分异特征研究, 但综合集成运用 2 种方法同时开展区域耕地集约利用时序变化规律与空间分异特征的研究鲜见; 2009 年, 作为中部省份湖南省会、经济活跃的长沙市人均耕地面积仅为 0.043 hm², 是同期全省平均水平 0.055 hm² 的 78.36%, 远低于同期全国平均水平 0.092 hm², 人地矛盾异常尖锐, 准确把握区域耕地集约利用时序变化规律和空间分异特征, 有针对性地提高其集约利用水平, 一定程度上有利于长沙市主要农产品供给安全的保障。基于此, 本研究以长沙市各县(市、区)为研究对象(考虑到市辖 5 区耕地数量较小, 将 5 区合为一个单元, 简称市辖区), 尝试性地构建耕地集约利用评价指标体系和评判标准, 运用主成分分析法评价 2001—2009 年长沙市耕地集约利用时序变化规律, 采用模糊综合评判法评判 2009 年长沙市耕地集约利用空间分异特征, 以期能为长沙市耕地集约高效利用提供决策依据的同时, 有益于耕地集约利用研究方法的丰富。

收稿日期: 2011-07-25 修订日期: 2011-11-02

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BAJ08B18-04); 湖南省自然科学基金资助项目(11JJ3043); 湖南省教育厅科学研究资助项目(11C0798)
作者简介: 邓楚雄(1974—), 男, 湖南衡阳人, 博士, 硕士生导师, 研究方向为自然资源评价与区域规划。长沙 湖南师范大学资源与环境科学学院, 410081。Email: dcxppd@163.com

*通信作者: 谢炳庚(1961—), 男, 湖南长沙人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为自然资源评价与利用规划。长沙 湖南师范大学资源与环境科学学院, 410081。Email: xbgyb@sina.com

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域

长沙市位于湘中偏东北，湘江下游，洞庭湖以南，东经 111°53'~114°15'，北纬 27°51'~28°41'之间，辖芙蓉、天心、岳麓、开福、雨花 5 区，长沙、望城、宁乡 3 县和浏阳市，东西长约 230 km，南北宽约 88 km，幅员 11 820 km²；地处长江经济带和华南经济圈的结合部，是湖南省省会所在区域和长株潭“两型社会”综合配套改革试验区的核心区域，是湖南经济发展的战略引擎，2009 年以 5.58%的土地面积贡献了全省经济总量的 27.81%，区位优势明显，社会经济极具活力。长沙市靠近北回归线，四季分明，冬冷夏热，雨量充沛，雨热同期，为典型的亚热带季风湿润气候；处于湘中丘陵向洞庭湖平原过渡地带，地势起伏较大，东、西两端山地环绕，中部渐趋低平，南部丘岗起伏，向北倾斜逐渐平坦开阔；土壤肥沃，江河密布，农作物生长条件好，是湖南省有名的“鱼米之乡”。

1.2 数据来源

本研究以长沙市耕地集约利用时序变化与空间分异为研究对象，其耕地面积为湖南省土地利用变更数据（2001—2009 年）；社会经济数据来源于湖南统计年鉴（2002—2010 年）、湖南农村统计年鉴（2002—2010 年）、长沙统计年鉴（2002—2010 年）。

2 研究方法及其实证

耕地集约利用是一个动态的概念，本研究在尝试性构建的耕地集约利用评价指标体系的基础上，以县（市、区）为评价单元，以 2001—2009 年的数据为样本，运用以主成分分析为主的方法计算各年度耕地集约利用综合得分，同一区域各年度之间纵向对比，揭示长沙市耕地集约利用时序变化规律；探索性地建立起耕地集约利用评判标准，采用以模糊综合评判法为主的方法对 2009 年各县（市、区）耕地集约利用现状进行评判，把握长沙市耕地集约利用空间分异特征。

2.1 耕地集约利用评价指标体系的构建

尽管近年来集约利用的理念一直贯穿在土地管理与耕地利用过程中^[16]，但目前关于耕地集约利用尚未有统一明确的定义。参考有关城镇用地、农村居民点用地和农用地集约利用的研究成果，结合耕地利用的特殊性，笔者认为耕地集约利用的内涵可以界定为：在不影响耕地可持续利用和农产品安全的前提下，合理适度增加相关生产要素的投入并优化其结构，充分挖掘耕地利用潜力，以最大限度地提高耕地利用效率与综合效益（资源、经济、社会、生态等效益）的土地利用方式。耕地集约利用涉及面广，内涵丰富，不能用单个或少数几个指标进行简单评价，必须建立合理科学的评价指标体系，进行全面综合评价^[6]。评价指标体系的设计一方面要切实符合耕地集约利用内涵；另一方面要客观全面地反映区域耕地利用实际。据此，本研究借鉴相关研究成果^[6,14,17]，以土地集约利用为目标，紧扣耕地集约利用的内涵，结

合湖南省耕地利用现状特征，遵循科学性、综合性、前瞻性、代表性、可比性等原则，从耕地投入强度、利用程度、产出效益和可持续状况 4 个方面入手，提出了一系列单项评价指标，初步建立起长沙市耕地集约利用评价综合指标体系。在初步建立的评价指标体系的基础上，广泛征询有关领域众多专家意见，充分考虑指标数据可获取性的同时，对同类指标进行相关性分析，剔除性保留相关性较大的指标^[18]，筛选出 12 项评价指标，构成长沙市耕地集约利用评价综合指标体系（表 1）。

表 1 耕地集约利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层	性质
B ₁ 耕地投入强度		C ₁₁ 单位耕地面积化肥施用量/(kg·hm ⁻²)	+
		C ₁₂ 单位耕地面积农业从业人员/(人·hm ⁻²)	+
		C ₁₃ 单位耕地面积农业机械总动力/(kW·hm ⁻²)	+
A 耕地集约利用	B ₂ 耕地利用程度	C ₂₁ 复种指数/%	+
		C ₂₂ 耕地有效灌溉率/%	+
		C ₂₃ 单位耕地面积农膜使用量/(kg·hm ⁻²)	+
B ₃ 耕地产出效益		C ₃₁ 单位耕地面积种植业产值/(10 ⁴ 元·hm ⁻²)	+
		C ₃₂ 单位播种面积粮食产量/(10 ⁴ kg·hm ⁻²)	+
		C ₃₃ 农业从业人员人均种植业产值/(10 ⁴ 元·人 ⁻¹)	+
B ₄ 耕地可持续状况		C ₄₁ 耕地平衡指数/%	+
		C ₄₂ 农业自然灾害成灾率/%	-
		C ₄₃ 森林覆盖率/%	+

注：表中“+”表示正向作用的指标，“-”表示负向作用的指标。

2.2 主成分分析法评价耕地集约利用时序变化

2.2.1 原始数据标准化

为消除评价指标量纲和性质不同而带来的不可比性，因此事先对指标原始数据进行标准化处理。本研究采用极差标准化法对指标原始数据进行标准化处理。

正向作用指标

$$X'_{ij}=(X_{ij}-\min X_j)/(\max X_j-\min X_j) \quad (1)$$

负向作用指标

$$X'_{ij}=(\max X_j-X_{ij})/(\max X_j-\min X_j) \quad (2)$$

式中， X_{ij} 和 X'_{ij} 分别为某个区域第 i 年第 j 项指标的原始值和标准化值； $\max X_j$ 和 $\min X_j$ 分别为某个区域第 j 项指标的最大值和最小值。

2.2.2 主成分的确定

分别以长沙市各县（市、区）2001—2009 年间的数据为样本，利用式（1）、（2）对评价指标原始数据进行标准化处理。以各县（市、区）评价指标标准化值为变量构建矩阵，采用 SPSS16.0 统计软件进行数据处理，通过计算机运算得到各县（市、区）样本指标矩阵的特征值、方差贡献率、累计方差贡献率（表 2），按照累计方差贡献率大于 80%的原则^[19]，提取主成分。各县（市、区）样本指标矩阵累计方差贡献率均在 80%以上，说明这几个（3 个或 2 个）新变量（主成分）已包含原始样本矩阵中的绝

大部分信息，可以用于解决耕地集约利用评价。

表 2 特征值与方差贡献率
Table 2 Eigen values and variance devoting rate

区域	主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
市辖区	F_1	5.79	48.22	48.22
	F_2	3.01	25.09	73.31
	F_3	1.36	11.30	84.61
长沙县	F_1	6.86	57.18	57.18
	F_2	2.58	21.49	78.67
	F_3	1.39	11.62	90.29
望城县	F_1	7.89	65.72	65.72
	F_2	2.00	16.64	82.36
宁乡县	F_1	7.60	63.36	63.36
	F_2	2.22	18.53	81.89
浏阳市	F_1	7.07	58.87	58.87
	F_2	3.22	26.79	85.67

注： F_1, F_2, F_3 分别为第1、2、3主成分。

2.2.3 各主成分得分

为更好地表明各主成分与各指标之间的关系，通过SPSS16.0统计软件继续分析，得到各评价指标在各主成分上的载荷；利用各评价指标在各主成分上的载荷除以相对应的特征值的平方根，求出各主成分的特征向量（主成分表达式中各指标系数）；将各指标标准化值与其对应的系数相乘后累加，如式（3），计算出各主成分得分。

$$F_{in} = \sum_{j=1}^k X'_{ij} Z_j \quad (3)$$

式中， F_{in} 为某个区域第*i*年第*n*个主成分得分；*k*为评价指标总数； Z_j 为某个区域第*j*项指标的系数。

2.2.4 主成分综合得分

对各主成分相对应的特征值作归一化处理，并以归一化处理后的值为权重，与其对应的主成分得分相乘后累加，如式（4），合成主成分综合得分。

$$F_i = \sum F_{in} w_n \quad (4)$$

式中， F_i 为某个区域第*i*年主成分综合得分； w_n 为某个区域第*n*个主成分对应的权重。

2.2.5 百分制转换

为直观地反映各县（市、区）耕地集约利用程度，将主成分综合得分按式（5）折算，得到耕地集约利用评

价百分制得分。

$$B_i = \frac{F_i}{|F_{\max}| + |F_{\min}|} \times 40 + 60 \quad (5)$$

式中， B_i 为某个区域第*i*年的百分制得分； F_i 为某个区域第*i*年的主成分综合得分； F_{\max} 、 F_{\min} 分别为某个区域主成分综合得分的最大值和最小值。

2.3 模糊综合评判法(AHP)评判耕地集约利用空间分异

2.3.1 层次分析法确定指标权重

在多因素定量综合评价中，指标权重的确定有着举足轻重的地位。本研究根据耕地集约利用评价指标体系的层次结构模型，通过专家打分确定各评价因子重要性程度，在yaahp0.5.2软件的支撑下，构建5个判断矩阵（其中准则层1个、指标层4个），分别进行层次单排序、层次总排序和一致性检验等步骤，具体确定准则层和指标层权重*W*，如表3。

表 3 各层评价指标权重

Table 3 Weights of evaluation indexes of different layers			
目标层	准则层	指标层	权重值
A 耕地 集约 利用	B_1 耕地投入强度, 0.2060	C_{11} 单位耕地面积化肥施用量	0.2367
		C_{12} 单位耕地面积农业从业人员	0.5266
		C_{13} 单位耕地面积农业机械总动力	0.2367
	B_2 耕地利用程度, 0.2449	C_{21} 复种指数	0.5953
		C_{22} 耕地有效灌溉率	0.2764
		C_{23} 单位耕地面积农膜使用量	0.1283
	B_3 耕地产出效益, 0.4738	C_{31} 单位耕地面积种植业产值	0.4267
		C_{32} 单位播种面积粮食产量	0.3057
		C_{33} 农业从业人员人均种植业产值	0.2676
	B_4 耕地可持续状况, 0.0753	C_{41} 耕地平衡指数	0.5
		C_{42} 农业自然灾害成灾率	0.25
		C_{43} 森林覆盖率	0.25

2.3.2 耕地集约利用评价指标评判标准

为便于对比分析各县（市、区）耕地集约利用程度的差异，需建立统一的评判标准。本研究以湖南省2009年各指标数据的平均值为耕地一般集约利用评判标准取值区间的中间值，分别以上海市（发达地区）和湖南省湘西自治州（欠发达地区）2009年各指标数据的优劣值为耕地集约利用评判标准的上、下限值，并根据专家意见内插各评价等级取值区间，综合确定耕地集约利用评判标准，如表4。

表 4 耕地集约利用评判标准
Table 4 Evaluation standards for cultivated land intensive use

评价指标	等级标准				
	高度集约	中度集约	一般集约	较粗放	粗放
C_{11} 单位耕地面积化肥施用量/(kg·hm ⁻²)	≥700	(700, 650]	(650, 600]	(600, 500]	<500
C_{12} 单位耕地面积农业从业人员/(人·hm ⁻²)	≥6	(6, 5.5]	(5.5, 5]	(5, 4]	<4
C_{13} 单位耕地面积农业机械总动力/(kW·hm ⁻²)	≥18	(18, 15]	(15, 11]	(11, 7]	<7
C_{21} 复种指数/%	≥250	(250, 220]	(220, 200]	(200, 180]	<180
C_{22} 耕地有效灌溉率/%	≥85	(85, 80]	(80, 70]	(70, 60]	<60
C_{23} 单位耕地面积农膜使用量/(kg·hm ⁻²)	≥25	(25, 21]	(21, 18]	(18, 16]	<16

续表

评价指标	等级标准				
	高度集约	中度集约	一般集约	较粗放	粗放
C ₃₁ 单位耕地面积种植业产值/(10 ⁴ 元·hm ⁻²)	≥7	(7, 5.5]	(5.5, 4]	(4, 3]	<3
C ₃₂ 单位播种面积粮食产量/(10 ⁴ kg·hm ⁻²)	≥6600	(6600, 6200]	(6200, 5800]	(5800, 5500]	<5500
C ₃₃ 农业从业人员人均种植业产值/(10 ⁴ 元·人 ⁻¹)	≥1.6	(1.6, 1.4]	(1.4, 1.2]	(1.2, 1.0]	<1.0
C ₄₁ 耕地平衡指数/%	≥100	(100, 99.7]	(99.7, 99.4]	(99.4, 99.0]	<99.0
C ₄₂ 农业自然灾害成灾率/%	≤50	(50, 55]	(55, 60]	(60, 65]	>65
C ₄₃ 森林覆盖率/%	≥60	(60, 55]	(55, 50]	(50, 35]	<35

2.3.3 评价指标隶属度评判矩阵

根据耕地集约利用评价指标的实际值 x 和评判标准 ($p_l, l=1, 2, 3, 4, 5$, 分别表示等级标准的上限值或下限值), 通过隶属度函数 (式 (6) ~ (10)) 计算出各指标的隶属度 V_l , 以各指标隶属度构造各县 (市、区) 耕地集约利用评判矩阵 R 。各隶属度值 ($V_l, l=1, 2, 3, 4, 5$) 分别对应于评判标准中的高度集约、中度集约、一般集约、较粗放、粗放等级。

$$V_1 = \begin{cases} 1 & x \geq p_1 \\ (x - p_2)/(p_1 - p_2) & p_2 \leq x \leq p_1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

$$V_2 = \begin{cases} (x - p_3)/(p_2 - p_3) & p_3 \leq x \leq p_2 \\ (x - p_1)/(p_2 - p_1) & p_2 \leq x \leq p_1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

$$V_3 = \begin{cases} (x - p_4)/(p_3 - p_4) & p_4 \leq x \leq p_3 \\ (x - p_2)/(p_3 - p_2) & p_3 \leq x \leq p_2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

$$V_4 = \begin{cases} (x - p_5)/(p_4 - p_5) & p_5 \leq x \leq p_4 \\ (x - p_3)/(p_4 - p_3) & p_3 \leq x \leq p_4 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (9)$$

$$V_5 = \begin{cases} 1 & x \leq p_5 \\ (x - p_4)/(p_5 - p_4) & p_5 \leq x \leq p_4 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

2.3.4 耕地集约利用等级确定

利用各指标权重和评判矩阵, 采用普通矩阵乘法, 按式 (11) 合成运算, 得出各县 (市、区) 耕地集约利用综合评价结果 D ; 根据综合评价结果, 按最大隶属度原则, 确定各县 (市、区) 耕地集约利用等级。

$$D = W \cdot R \quad (11)$$

2.3.5 耕地集约利用综合得分

根据专家意见, 结合长沙市耕地利用现状特征, 确定 5 个等级的评分行向量 $C = (1.00, 0.80, 0.60, 0.40, 0.20)$, 利用式 (12) 计算出 2009 年各县 (市、区) 耕地集约利用综合得分 Z 。

$$Z = D \cdot C^T \quad (12)$$

3 结果分析

3.1 耕地集约利用时序变化

通过对指标原始数据、评价结果 (表 5) 和耕地集约利用评价百分制得分变化趋势 (图 1) 分析。

表 5 耕地集约利用评价百分制得分 (2001—2009)

Table 5 Evaluation scores of centigrade system of cultivated land intensive use (2001—2009)

区域	百分制得分								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
市辖区	49.28	69.88	85.36	61.16	70.96	74.87	89.28	73.73	78.38
长沙县	57.03	61.21	80.42	54.86	57.91	65.16	72.64	92.93	94.86
望城县	66.06	64.03	67.91	73.23	78.50	70.86	83.99	95.97	93.14
宁乡县	63.50	60.90	66.40	79.84	85.34	79.04	77.55	91.65	98.10
浏阳市	57.78	60.58	57.11	61.75	73.21	72.03	88.13	97.78	81.70

结果发现近 9a 来长沙市耕地集约利用时序变化规律及其产生的原因如下:

1) 2001—2009 年, 近郊的市辖区耕地集约利用度呈波浪式增长的态势, 耕地集约利用评价百分制得分年均增幅为 7.38%。受区位因素和市场需求变化的综合影响, 耕地非农化速度快和种植业内部结构变动频繁所导致的耕地投入、产出、利用程度不稳定, 是市辖区耕地集约

利用评价百分制得分波浪式增长的主要原因。

2) 2001—2009 年, 地处东部中郊的长沙县耕地集约利用度经历前期 (2001—2004 年) 短暂的上升一下降后连年快速增长, 耕地集约利用评价百分制得分由 2004 年的 54.86 以年均 14.58% 的速度增长到 2009 年的 94.86%。单位耕地面积农业从业人员投入较多、耕地有效灌溉率高、单位耕地面积农膜使用量大、单位播种面积粮食产

量高、森林覆盖率较高是 2003 年耕地集约利用评价百分制得分出现高值主要影响因素；物质（化肥、农业机械总动力）投入和产出效益的逐步攀升是 2004 年以来长沙县耕地集约利用评价百分制得分连年快速增长的主要贡献力量。

3) 2001—2009 年，地处西部中、远郊的望城、宁乡 2 县耕地集约利用度基本体现为持续稳步增加的特征，耕地集约利用评价百分制得分分别由 2001 年的 66.06、63.50 以年均 5.12%、6.81% 的速率增加到 2009 年的 93.14、98.10。望城、宁乡 2 县同属洞庭湖南缘地带，耕地地力条件和农业基础好；耕地投入强度、利用程度、产出效益持续提高有利于望城县耕地集约利用评价百分制得分的稳步增加，但耕地可持续状况一般（耕地流失速度较快、森林覆盖率逐渐降低）限制了望城县耕地集约利用评价百分制得分的进一步提高；耕地可持续状况的逐步改善、物质（化肥、农业机械总动力）投入、产出效益的连年增长促使了宁乡县耕地集约利用百分制得分的逐年提升，但利用程度持续走低一定程度上减缓了宁乡县耕地集约利用评价百分制得分的增加幅度。

4) 2001—2009 年，地处东部远郊的浏阳市耕地集约利用度以较大幅度交替上升后下降明显，耕地集约利用评价百分制得分由 2001 年的 57.78 以年均 9.89% 的幅度提升到 2008 年的 97.78，2009 年骤降到 81.70。尽管少数评价指标（单位耕地面积化肥使用量、单位耕地面积农

业从业人员数、耕地平衡指数、森林覆盖率）有明显波动，但为数较多的评价指标向集约利用良性方向发展，使得 2001—2008 年耕地集约利用评价百分制得分呈较大幅度交替上升趋势；投入强度（化肥、农业从业人员）、利用程度和森林覆盖率骤降是 2009 年浏阳市耕地集约利用评价百分制得分明显降低的主要驱动力。

5) 整体来说，2001—2009 年间，受多因素的综合影响，各区域耕地集约利用度变化各具特点，但基本上均以不同幅度上升为主要特征。

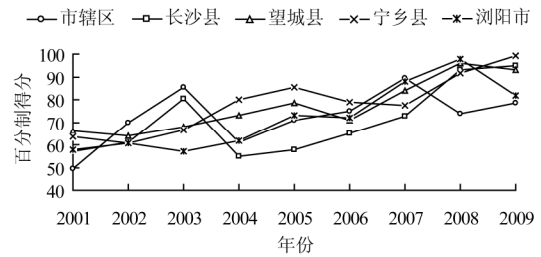


图 1 县（市、区）耕地集约利用评价得分时序变化

Fig.1 Time serial change of evaluation score of cultivated land intensive use in each county

3.2 耕地集约利用空间分异

通过对指标原始数据、模糊综合评判结果（表 6）和耕地集约利用空间格局（图 2）分析，2009 年长沙市耕地集约利用空间分异特征及其产生的原因如下：

表 6 耕地集约利用综合评价结果

Table 6 Comprehensive evaluation results of cultivated land intensive use

区域	准则层	隶属度					综合评分
		高度集约	中度集约	一般集约	较粗放	粗放	
市辖区	B ₁ 耕地投入强度	0.9991	0.0009	0	0	0	0.9998
	B ₂ 耕地利用程度	1.0000	0	0	0	0	1.0000
	B ₃ 耕地产出效益	0.6943	0	0.0010	0.3047	0	0.8168
	B ₄ 耕地可持续状况	0	0.2190	0.0310	0	0.7500	0.3438
	总评分	0.7797	0.0167	0.0028	0.1444	0.0565	0.8638
长沙县	B ₁ 耕地投入强度	0.2367	0	0.2149	0.0218	0.5267	0.4797
	B ₂ 耕地利用程度	0.1793	0.6925	0	0	0.1283	0.7590
	B ₃ 耕地产出效益	0.4116	0.5884	0	0	0	0.8823
	B ₄ 耕地可持续状况	0.5160	0.2340	0.0745	0.1755	0	0.8181
	总评分	0.3265	0.4660	0.0499	0.0177	0.1399	0.7643
望城县	B ₁ 耕地投入强度	0.1507	0.0860	0.3197	0.4437	0	0.5888
	B ₂ 耕地利用程度	0.9061	0.0940	0	0	0	0.9813
	B ₃ 耕地产出效益	0.5020	0.4980	0	0	0	0.9004
	B ₄ 耕地可持续状况	0.5565	0.1935	0	0	0.2500	0.7613
	总评分	0.5327	0.2913	0.0659	0.0914	0.0188	0.8456
宁乡县	B ₁ 耕地投入强度	0.2367	0.2012	0.0355	0	0.5267	0.5243
	B ₂ 耕地利用程度	0	0.4650	0.5351	0	0	0.6931
	B ₃ 耕地产出效益	0.3057	0.1109	0.5700	0.0134	0	0.7418
	B ₄ 耕地可持续状况	0.4667	0.2823	0.0907	0.1603	0	0.8111
	总评分	0.2287	0.2292	0.4152	0.0184	0.1085	0.6902
浏阳市	B ₁ 耕地投入强度	0	0.1704	0.1769	0.4161	0.2367	0.4562
	B ₂ 耕地利用程度	0.0337	0.2645	0.6674	0.0345	0	0.6595
	B ₃ 耕地产出效益	0.3057	0.1365	0.3704	0.1873	0	0.7121
	B ₄ 耕地可持续状况	0.7560	0.2440	0	0	0	0.9512
	总评分	0.2100	0.1829	0.3754	0.1829	0.0488	0.6645

1) 2009 年, 近郊区辖区和西部中郊的望城县耕地利用对 5 个评判等级的隶属度分别为[0.7797, 0.0167, 0.0028, 0.1444, 0.0565]、[0.5327, 0.2913, 0.0659, 0.0914, 0.0188], 耕地利用对高度集约利用的隶属度最大, 隶属度值依次为 0.7797、0.5327, 根据最大隶属度原则, 2 区域耕地处于高度集约利用状态, 耕地集约利用综合评分分别为 0.8638、0.8456。市辖区耕地可持续状况对粗放利用的隶属度为 0.7500, 耕地流失率大、森林覆盖率低导致的耕地可持续状况差是阻碍区域耕地集约利用程度提高的主要原因; 望城县耕地投入强度对高度集约利用的隶属度仅为 0.1507, 增加耕地投入强度将有助于区域耕地集约利用程度的提升。

2) 2009 年, 东部中郊的长沙县耕地利用对 5 个评判等级的隶属度为[0.3265, 0.4660, 0.0499, 0.0177, 0.1399], 耕地利用对中度集约利用的隶属度最大, 隶属度值为 0.4660, 根据最大隶属度原则, 长沙县耕地处于中度集约利用状态, 耕地集约利用综合评分为 0.7643。长沙县耕地投入强度对粗放利用的隶属度为 0.5267, 耕地利用程度对高度集约利用的隶属度仅为 0.1793, 加大耕地投入强度、提高耕地利用程度是区域耕地集约利用程度增加的关键。

3) 2009 年, 西、东部远郊的宁乡县和浏阳市耕地利用对 5 个评判等级的隶属度分别为[0.2287, 0.2292, 0.4152, 0.0184, 0.1085]、[0.2100, 0.1829, 0.3754, 0.1829, 0.0488], 耕地利用对一般集约利用的隶属度最大, 隶属度值依次为 0.4152、0.3754, 根据最大隶属度原则, 2 区域耕地处于一般集约利用状态, 耕地集约利用综合评分分别为 0.6902、0.6645。宁乡县耕地投入强度对粗放利用的隶属度为 0.5267, 浏阳市耕地投入强度对耕地较粗放利用的隶属度为 0.4161, 增加耕地投入将有利于改变 2 县(市)耕地集约利用程度一般的现状。

4) 总体上看, 2009 年长沙市耕地集约利用程度呈现出由市辖区向中、远郊逐步降低的空间分异特征。

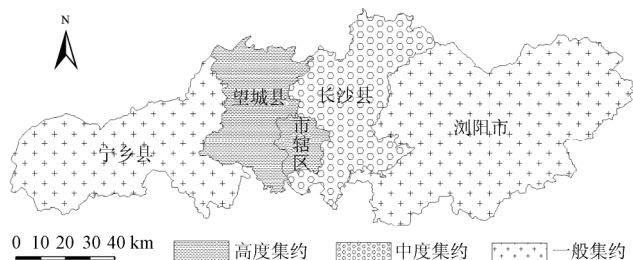


图 2 耕地集约利用空间格局

Fig.2 Spatial distribution of cultivated land intensive use

4 结论与讨论

区域耕地集约利用时序变化规律评价和空间分异特征评判是一项探索性的研究, 通过对长沙市耕地集约利用时空变化的实证研究, 得出以下结论:

1) 以耕地集约利用为目标, 从耕地投入强度、利用程度、产出效益、可持续状况 4 个方面入手, 尝试构建

了包含 12 项具体指标的长沙市耕地集约利用评价指标体系和区域耕地集约利用评判标准, 较为全面地反映了长沙耕地集约利用的影响因素与相关地区耕地集约利用现状特征。

2) 随着时间的推移, 耕地利用系统内外部条件不断发生变化, 尽管 2001—2009 年长沙市各县(市、区)耕地集约利用度时序变化各具特点, 但整体上均呈现出以不同幅度上升的特征。

3) 2009 年, 地处经济活跃地区的长沙市近郊的市辖区和西部中郊的望城县耕地处于高度集约利用状态、东部中郊的长沙县耕地处于中度集约利用状态、西部与东部远郊的宁乡县和浏阳市耕地处于一般集约利用状态, 总体上看, 长沙市耕地集约利用度处于全省平均及以上水平, 这表明经济条件是影响耕地集约利用的重要因素; 从空间格局上看, 长沙市耕地集约度呈现出由近郊的市辖区向中、远郊逐步降低的分异特征, 符合杜能农用地集约利用圈层理论。

基于相关统计数据的前后不衔接, 多数指标缺乏可比性, 本研究没有进行更长时序的耕地集约利用变化规律研究, 不能很好地反映政府宏观政策导向对耕地集约利用变化产生的影响; 同时, 由于耕地集约利用涉及面广、影响因素众多, 加之可借鉴的相关研究成果不多和部分指标数据的不可获取, 本研究只选取了部分主要指标对长沙市耕地集约利用进行综合评价, 耕地集约利用评价指标体系有待进一步完善。

[参 考 文 献]

- [1] 单娜娜, 刘卫东, 赖波, 等. 基于 SMOP 模型的耕地保护目标决策研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 765—777. Shan Na'na, Liu Weidong, Lai Bo, et al. The study on total area of cultivated land decision-making based on SMOP model[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(5): 765—777. (in Chinese with English abstract)
- [2] 郑海霞, 童菊儿, 徐扬. 发达地区耕地资源的时空变化及其驱动力实证研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 75—78. Zheng Haixia, Tong Ju'er, Xu Yang. Spatio-temporal changes of farmland resources and their driving forces in developed areas[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 75—78. (in Chinese with English abstract)
- [3] 邓楚雄, 谢炳庚, 李晓青, 等. 基于主成分分析法的湖南省农用地集约利用评价[J]. 热带地理, 2011, 31(1): 71—76. Deng Chuxiong, Xie Binggeng, Li Xiaoqing, et al. Evaluation of agricultural land intensive use in Hunan Province based on principal component analysis method[J]. Tropical Geography, 2011, 31(1): 71—76. (in Chinese with English abstract)
- [4] Li Xiubin, Wang Xiuhong. Changes in agricultural land use in China: 1981—2000[J]. Asian Geographer, 2003, 22(1): 27—42.

- [5] 刘成武, 李秀彬. 1980—2002年中国农地利用变化的时序特征[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 194—198.
Liu Chengwu, Li Xiubin. Time-sequence characteristics of the annual changes of the agricultural land use in China during the period 1980—2002[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(4): 194—198. (in Chinese with English abstract)
- [6] 曹银贵, 周伟, 王静, 等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 291—296.
Cao Yingui, Zhou Wei, Wang Jing, et al. Comparative on regional cultivated land intensive use based on principal component analysis and analytic hierarchy process in Three Gorges Reservoir Area[J]. Transactions of CSAE, 2010, 26(4): 291—296. (in Chinese with English abstract)
- [7] 张琳, 张凤荣, 安萍莉, 等. 不同经济发展水平下的耕地集约利用度及其变化规律比较研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 108—112.
Zhang Lin, Zhang Fengrong, An Pingli, et al. Comparative study of cultivated land use intensive degree and its change law at different economic levels[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1): 108—112. (in Chinese with English abstract)
- [8] 祝小迁, 程久苗, 费罗成. 安徽省耕地集约利用及其驱动力分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(2): 11—17.
Zhu Xiaoqian, Cheng Jiumiao, Fei Luo Cheng. Analysis on intensive use of cultivated land and its driving forces in Anhui Province[J]. China Land Science, 2009, 23(2): 11—17. (in Chinese with English abstract)
- [9] 易军, 梅昀. 基于PSR框架的耕地集约利用及其驱动力研究: 以江西省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(8): 895—900.
Yi Jun, Mei Yun. Study on intensive cultivated land use and its driving forces based on PSR model: A case study of Jiangxi Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(8): 895—900. (in Chinese with English abstract)
- [10] 张世文, 马素敏. 耕地集约节约利用评价方法及应用: 以福建省为例[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(24): 6576—6579.
Zhang Shiwen, Ma Sumin. Assessment method and application of the cultivated land saving and intensive use: A case study of Anhui Province[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(24): 6576—6579. (in Chinese with English abstract)
- [11] 邵晓梅, 王静. 小城镇耕地集约利用评价方法比较研究: 以浙江省慈溪市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 93—97.
Shao Xiaomei, Wang Jing. Comparison of intensive cultivated land use appraisal methods of small towns: A case study of Cixi in Zhejiang Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(1): 93—97. (in Chinese with English abstract)
- [12] 朱会义, 李秀彬, 辛良杰. 现阶段我国耕地利用集约度变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 907—915.
Zhu Huiyi, Li Xiubin, Xin Liangjie. Intensity change in cultivated land use in China and its policy implications[J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(6): 907—915. (in Chinese with English abstract)
- [13] 安玉娟, 门明新, 霍习良, 等. 河北省耕地利用集约度变化特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 611—616.
An Yujuan, Men Mingxin, Huo Xiliang, et al. The characteristics of the agricultural land use intensity in Hebei based on the production cost[J]. Progress in Geography, 2009, 28(4): 611—616. (in Chinese with English abstract)
- [14] 骆东奇, 李乐, 郭英. 重庆市耕地集约利用评价及空间分异研究[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(1): 98—103.
Luo Dongqi, Li Le, Guo Ying. The appraise of cultivated land intensive use and its spatial differentiation in Chongqing city[J]. Areal Research and Development, 2010, 29(1): 98—103. (in Chinese with English abstract)
- [15] Chen Yuqi, Li Xiubin, Tian Yujun, et al. Structural change of agricultural land use intensity and its regional disparity in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19(5): 545—556.
- [16] 吕晓, 刘新平, 李振波, 等. 耕地集约利用指标体系研究: 以新疆省为例[J]. 广东土地科学, 2007, 6(3): 15—19.
Lv Xiao, Liu Xinping, Li Zhenbo, et al. Study on the assessment indicators system of cultivated land intensive use: The case study on Xinjiang Province[J]. Guangdong Land Science, 2007, 6(3): 15—19. (in Chinese with English abstract)
- [17] 崔丽, 许月卿. 河北省农用地利用集约度时空变异分析[J]. 地理科学进展, 2007, 26(2): 116—125.
Cui Li, Xu Yueqing. Spatial-temporal variance of agricultural land use intensity in Hebei Province[J]. Progress in Geography, 2007, 26(2): 116—125. (in Chinese with English abstract)
- [18] 邓楚雄, 谢炳庚, 吴永兴, 等. 上海都市农业可持续发展的定量综合评价[J]. 自然资源学报, 2010, 25(9): 1577—1588.
Deng Chuxiong, Xie Binggeng, Wu Yongxing, et al. The quantitative and comprehensive appraisal of urban agricultural sustainable development in Shanghai[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(9): 1577—1588. (in Chinese with English abstract)
- [19] 赵鹏大. 定量地理学方法及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 62—68.

Analysis on spatial-temporal change of cultivated land intensive use in Changsha city

Deng Chuxiong¹, Xie Binggeng^{1*}, Li Xiaoqing¹, He Qufu², Zhu Dongguo¹

(1. College of Resources and Environment Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2. Business school, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: To understand the time serial change law and spatial variation characteristics of cultivated land intensive use in a certain region, according to the statistical and survey data of land use change in Changsha city from 2001 to 2009, aimed at the cultivated land intensive use, the evaluation index system of cultivated land intensive use was tried to be established, which included 3 layers and 12 specific indicators. The principal component analysis was used to evaluate the time serial change law of cultivated land use in each county in Changsha city, fuzzy comprehensive evaluation was adopted to appraise the spatial variation characteristics of cultivated land use in Changsha city. The results showed that the degree of cultivated land intensive use advanced in a wave-like form in municipal districts and Liuyang city from 2001 to 2009; degree of cultivated land intensive use increased rapidly year by year after the early period(2001-2004) of first rising and last falling in Changsha county; degree of cultivated land intensive use continued to increase steadily on the whole in Wangcheng and Ningxiang county. In 2009, the cultivated land in municipal districts and Wangcheng county were in the status of high intensive use, and the comprehensive evaluation value of cultivated land intensive use were 0.8638、0.8456 respectively; cultivated land in Changsha county was in the status of moderate intensive use, and comprehensive evaluation value of cultivated land intensive use was 0.7643; cultivated land in Ningxiang county and Liuyang city were in status of general intensive use, and comprehensive evaluation value of cultivated land intensive use were 0.6902、0.6645 respectively. The integrated using of two methods provides a good reference to study on cultivated land intensive use in similar regions, research results provides decision support for increase the level of cultivated land intensive use in the process of economic fast development in Changsha city.

Key words: land use, principal component analysis, indicators, cultivated land intensive use, spatial-temporal change, Changsha city