

喀斯特县域土地利用结构信息熵时空变化分析——以广西都安为例

苏广实^{1,2}, 王世杰¹, 胡宝清³, 李月连³ (1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州贵阳 550002; 2. 广西教育学院旅游与环境学系, 广西南宁 530022; 3. 广西师范学院资源与环境科学学院, 广西南宁 530001)

摘要 基于信息熵理论, 利用喀斯特典型县域都安县 1977 年航片数据以及 1988、1999 和 2005 年遥感影像数据, 分析了都安县 1977~2005 年土地利用结构信息熵的时空变化特征。结果表明: 1977~2005 年都安喀斯特土地利用结构信息熵呈现先增加后减小再增加的变化态势, 熵值的变化与先天脆弱的喀斯特地质-生态背景密切相关, 经济发展、人口增长和政策等因素是都安喀斯特土地利用结构信息熵时序变化的直接动因。都安喀斯特土地利用结构信息熵在空间上存在明显差异, 这种差异是各乡镇地形地貌、水文地质等自然环境因素以及区位条件、经济发展水平等社会经济因素综合作用的结果。

关键词 信息熵; 喀斯特; 土地利用结构; 时空变化

中图分类号 F301.24 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)26-12874-04

Information Entropy Temporal-spatial Evolution Analysis of Land Use Structure in Karst County Area

SU Guang-shi et al (State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang, Guizhou 550002)

Abstract Based on the information entropy theory, the temporal-spatial evolution character of information entropy of land use structure in Du'an county from the year 1977 to 2005 were analyzed by applying the aerial-photographs data in 1977 and the remote sensing image data of the year 1988, 1999, 2005 of typical karst in Du'an county. The results showed that the information entropy of land use structure in Du'an karst area presented a situation of increasing first then reducing and increasing again in the end, and the changes of information entropy were related to innate fragile karst geology-ecological background, together with the economic development, population growth, police and so on as the direct agent of temporal-spatial evolution on information entropy of land use structure in Du'an county. The information entropy of land use structure in Du'an karst regions showed obvious differences in space, and these differences were effected synthetically by nature eco-environment factors such as topography, hydrogeology etc. and socio-economic factors such as location, the level of economic development etc. for the towns and villages.

Key words Information entropy; Karst; Land use structure; Temporal-spatial evolution

土地利用系统是复杂的巨系统, 同时也是一个不可精确定义的系统^[1]。它不仅在空间与功能上表现出不同的组合关系和结构格局, 而且在时间上也表现出演替的阶段、过程和规律^[2]。区域土地利用结构变化是区域土地利用演变的直接体现, 是在有目的的行为指导下对土地利用系统施加的一种人为干扰, 人类对土地综合体的状态所施加的这种扰动也有正负之分, 它在不同的时空尺度上对土地利用系统的有序程度产生影响。土地利用系统的有序程度可以用信息熵来描述和刻画^[3]。近年来, 一些学者利用熵值函数模型对区域土地利用结构进行了富有成效的研究^[4-8]。但是, 在研究区域选择上, 借助信息论思想揭示喀斯特区域土地利用结构的熵值特征和演化规律, 则鲜有研究。

喀斯特土地利用系统是喀斯特地质-生态环境背景下, 由资源、生态、经济与社会等要素相互作用、相互影响形成的喀斯特土地生态经济系统, 它具有复杂系统的一般特征。同时, 喀斯特土地利用系统具有土地生态环境先天脆弱、土地生产力低、水土环境要素缺失、土地石漠化日益严重、社会-经济子系统干扰强烈等特征。笔者基于信息熵理论, 以我国西南喀斯特典型县域——都安瑶族自治县(下文简称为都安县)为例, 分析都安县 1977~2005 年土地利用结构信息熵的时空变化特征, 以期对喀斯特土地利用结构优化配置以及石漠化综合治理提供科学依据。

1 研究区概况

都安县位于广西中部偏西, 位于 107°46'~108°31'E, 23°48'~24°35'N, 地处云贵高原向广西盆地过渡的斜坡地带。地势北西高, 东南低, 地形复杂, 岩石裸露, 悬崖陡壁, 山高谷深, 洼地遍布。全境多以喀斯特石山为主, 分为峰丛洼地、峰丛谷地和峰林谷地 3 种地貌单元, 只有少数地带带有土山丘陵分布。山地、丘陵、台地和谷地平原分别占全县面积的 77.9%、13.2% 和 8.9%。气候为中亚热带季风气候与南亚热带季风气候区的过渡地带, 年均气温 18.2~21.7℃, 年降雨量 1 200~1 900 mm。雨量集中于夏季, 约占年降雨量的 68.3%, 且以暴雨形式降落, 常造成洪涝灾害。地表水系不发育, 地下水丰富, 但埋藏深, 水量、水位动态不稳, 春、秋干旱, 水土流失日趋严重。地层以石炭系和二叠系的碳酸盐岩为主, 约占总面积的 90%。土壤以石灰岩土为主, 占全县土地总面积的 83.28%。自然植被以石山区的亚热带喜钙耐旱的常绿阔叶树为主, 由于人为毁林严重, 多已沦为石山藤木灌丛植被。都安县现辖 2 个镇、17 个乡, 总人口 63.17 万人。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

2.1.1 都安县喀斯特土地利用分类。都安县是我国西南典型的喀斯特生态脆弱区之一, 人类干扰驱动下的土地利用变化是导致该县土地石漠化的形成与演化的直接影响因素。根据大量的野外实地调查, 综合考虑都安喀斯特土地利用系统特点及其相关数据源的科学性、可获取性、可操作性与可比性等。采用二级分类系统来确定都安喀斯特土地利用分类系统, 其中一级地类共分为 6 个类: 林地、草地、耕地、水域、建设用地和未利用地; 二级地类中, 林地分为 3 个类: 有林地、灌丛地、疏林地, 耕地分为 2 个类: 沟谷耕地、坡耕地,

基金项目 国家自然科学基金“基于 SOTER 数据库的广西石漠化的胁迫阈值与综合评估研究(40661005)”；广西自然科学基金项目(桂科基 067922)。

作者简介 苏广实(1968-), 男, 广西隆安人, 博士, 讲师, 从事喀斯特土地资源开发与利用、石漠化成因与治理研究。E-mail: shuguangshi@163.com。

收稿日期 2009-07-27

水域分为 2 个类:河流和塘、水库,未利用地:裸岩地,草地和建设用地不再细分。

2.1.2 数据来源。数据来源于遥感影像数据和航片数据,包括:1977 年航片数据、1988 年和 1999 年 TM 影像数据、2005 年 SPOT-2/4 影像数据。利用 1:5 万的地形图对 2005 年 SPOT-2/4 影像进行几何校正,在此基础上对 1988 年与 1999 年的影像进行配准,配准误差控制在 0.5 个像元以内。根据都安喀斯特土地利用分类系统,按 1:10 万的比例尺对各期影像数据进行人工目视解译,得出 1988 年、1999 年和 2005 年 3 个时期的土地利用类型图。经检验,解译精度符合要求。1977 年土地利用类型数据,采用 1977 年航片进行矢量化得 1977 年 1:10 万的土地利用类型图。由此可以获得 1977、1988、1999 和 2005 年 4 个时期 1:10 万的都安喀斯特土地利用类型图。经统计得到上述 4 个时期都安县及各乡镇各类用地构成数据。

2.2 研究方法 都安喀斯特土地利用系统是一个复杂的开放系统,其演变过程受到自然、社会、经济及各种突发因素的综合影响。研究喀斯特土地利用系统的有序程度可以用信息熵来描述。信息熵的高低可以反映喀斯特土地利用的有序程度,熵值越高,表明不同职能的土地利用类型数越多,各职能类型的面积相差越小,土地分布越均衡,喀斯特土地利用系统的有序性程度越低。当各种用地类型的面积相等时,熵值达到最大,表明土地利用达到了均衡状态。

假定一个区域的土地总面积为 A ,该区域的土地利用类

型可分成 n 种,每种类型的面积为 $A_i (i=1,2,\dots,n)$,则有

$$\sum_{i=1}^n A_i = A$$

各种土地利用类型占该区域土地总面积的比例 P_i 为: $P_i = A_i/A$ 。显然, P_i 具有归一性。 P_i 是第 i 种土地利用类型占该区域土地总面积的比例,即第 i 种土地利用类型在该区域土地中出现的可能性,相当于信息熵中事件发生的概率,事件发生的不确定性是由它发生的概率来描述的,因而可以依照 Shannon 熵公式定义土地利用结构的信息熵(H)^[9-10]:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

3 结果与分析

3.1 都安喀斯特土地利用结构信息熵时间变化分析 运用土地利用结构信息熵计算公式和都安县 1977、1988、1999 和 2005 年 4 时相各类用地构成数据,通过计算可得都安县 1977、1988、1999 和 2005 年 4 时相土地利用结构信息熵(表 1)。从时序演变过程看,1977~2005 年都安县土地利用结构信息熵呈现不稳定的变化态势。1977~1988 年的 11 年间,都安县的土地利用结构信息熵由 1977 年的 1.592 6 上升到 1988 年的 1.612 8,增加了 0.0202,年上升幅度达 0.18%;1988~1999 年的 11 年间,土地利用结构信息熵由 1988 年的 1.612 8 下降到 1999 年的 1.572 2,减少了 0.040 6,年下降幅度达 0.37%;1999~2005 年 6 年间,全县土地利用结构信息熵由 1999 年的 1.5722 上升到 2005 年的 1.599 5,增加了 0.027 3,年上升幅度达 0.29%。

表 1 1977、1988、1999 和 2005 年都安县土地利用结构及其信息熵

Table 1 Land-use structure and its Information entropy in Du'an County in 1977, 1988, 1999 and 2005

年份 Year	有林地//% Forest land	灌丛地//% Shrub land	疏林地//% Thin stocked land	草地//% Grassland	沟谷耕地//% Gully cultivated land	坡耕地//% Slope farmland	建设用地//% Construction land	水域//% Water area	裸岩地//% Bared-rock land	信息熵//Nat Information entropy
1977 年	1.78	35.31	2.55	10.79	9.20	3.89	1.28	1.15	34.06	1.592 6
1988 年	2.89	28.23	1.98	8.58	8.17	6.20	1.76	1.14	41.03	1.612 8
1999 年	2.60	18.63	2.13	6.80	8.60	8.57	2.02	1.14	49.51	1.572 2
2005 年	3.15	17.25	2.80	6.58	8.24	9.06	2.17	1.22	49.53	1.599 5

从都安喀斯特土地利用结构信息熵不稳定的变化态势可看出,1977~2005 年 28 年间都安喀斯特土地利用系统的演变过程表现为无序度先升后降再升,而有序度先降后升再降。都安喀斯特土地利用结构信息熵 1988 年最高,土地利用系统的无序度最高,而有序度最低;1999 年土地利用结构信息熵最低,土地利用系统的无序度最低,而有序度最高;1999~2005 年,土地利用结构信息熵呈增加趋势,表明系统有向无序化方向发展趋势。都安喀斯特土地利用结构信息熵的变化与外界输入都安喀斯特土地系统的负熵流有关。所谓的负熵流即为人类活动强度对区域土地利用结构的影响程度,与区域经济发展水平、产业结构、区域开发模式以及人类生态环境建设对区域土地资源系统的保护水平有着密切关联,在土地系统中则具体表现为土地利用的结构^[5]。

都安县是典型的喀斯特少数民族山区县,先天脆弱的喀斯特地质-生态背景,导致都安喀斯特土地利用系统抗干扰能力低,土地系统稳定性差。在都安县土地利用结构中,裸岩地(石灰岩裸露)占相当大比例,占全县土地总面积的

41% 以上,且呈扩大趋势。其次是林地,1977~2005 年林地面积占全县土地总面积大于 23%,但从变化来看,林地面积减少幅度大,由 1977 年的 39.64% 减少到 2005 年的 23.20%,减少了 16.44%;其中,由于大量的陡坡开垦,灌木林地减少幅度最大。其他地类中,水域面积变化不大,草地、坡耕地变化最为显著,陡坡过度开垦,坡耕地大幅度增加,草地面积急剧减少,尤其是 1977~1988 年草地减少幅度最大。河谷、沟谷地带交通便利,水源相对丰富,是沟谷耕地和城乡居民主要分布区,建设用地扩张占用大量沟谷耕地,1977~2005 年,沟谷耕地呈减少趋势,建设用地则呈持续增加趋势。从生态系统观点出发,喀斯特土地利用系统呈现不稳定特征,归因于人类的强烈干扰,集中体现在陡坡地过度开垦,草地严重受毁,林地尤其是灌丛地大幅度减少,同时建设用地扩张占用大量沟谷耕地,土地系统熵值增加,向无序化方向发展。

经济发展、人口增长和政策因素等是都安喀斯特土地利用结构信息熵时序变化的直接动因。喀斯特山区成土过程极其缓慢,土层薄,二元结构的喀斯特地质构造,导致旱涝频

繁,土地承载力低,人地矛盾尤为突出。随着人口增长,为增加粮食总产量,陡坡开垦现象严重,大量的灌木林、草地被开垦为坡耕地,1997~1988年变化尤为明显,岩石裸露急剧增加,土地石漠化加剧,这个阶段正处于改革开放头十年,都安县经济快速发展,建设用地占用沟谷耕地较为严重。因此,在1977~1988年土地利用结构信息熵上升,1988年熵值最大,系统向着无序方向发展。1988~1999年,都安县实行严格的计划生育政策,遏制了人口快速增长势头,人地矛盾依然严峻但有所缓解,同时,政府加大农业科技投入,提高优质耕地面积,提高了耕作效率和粮食单产,一定程度上减少耕地的压力,因此,1988~1999年土地利用结构信息熵下降,1999年熵值最小。1999年开始实施退耕还林还草政策,有林地、疏林地增加,灌木林地、草地减少趋势得到逐步遏制;生态环境建设得到重视,石漠化综合治理初显成效,这些举措为土地系统汇入了一定的负熵流。随着西部大开发战略的实施,都安社会经济快速发展,土地利用结构发生了明显的变化,陡坡开垦仍然屡禁不止,尽管实行严厉的耕地保护政策,建设用地占用沟谷耕地仍比较严重,带给土地系统正熵流依然较大。因此,1999~2005年在土地利用结构调整、

土地资源保护以及人类经济社会活动对土地资源系统的综合作用下,都安喀斯特地区土地利用结构熵值总体上呈增加趋势。

3.2 都安喀斯特土地利用结构信息熵空间差异分析 运用土地利用结构信息熵计算公式和都安县各乡镇1977、1988、1999和2005年四时相各类用地构成数据,通过计算可得上述四时相各乡镇土地利用结构信息熵。将四时相各乡镇土地利用结构信息熵分成0~1、1~1.2、1.2~1.3、1.3~1.4及大于1.4这5个等级,并将结果表示到专题图上(图1)。总体上看,四时相土地利用结构信息熵的空间差异大致相似,位于都安县东部的百旺、拉烈、加贵、拉仁以及北部的下坳、板岭等乡镇,土地利用结构信息熵较高,均大于1.4,为信息熵高值区,其中百旺、下坳、板岭3个乡镇尤为突出,熵值均大于1.7351;位于都安县东南部的古山、龙湾、菁盛及西南部的三弄等乡镇,土地利用结构信息熵较低,均低于1,为信息熵低值区,其中,三弄、古山两乡熵值最低,均低于0.9354;其余乡镇熵值大多处于1~1.2和1.3~1.4两个等级范围内。

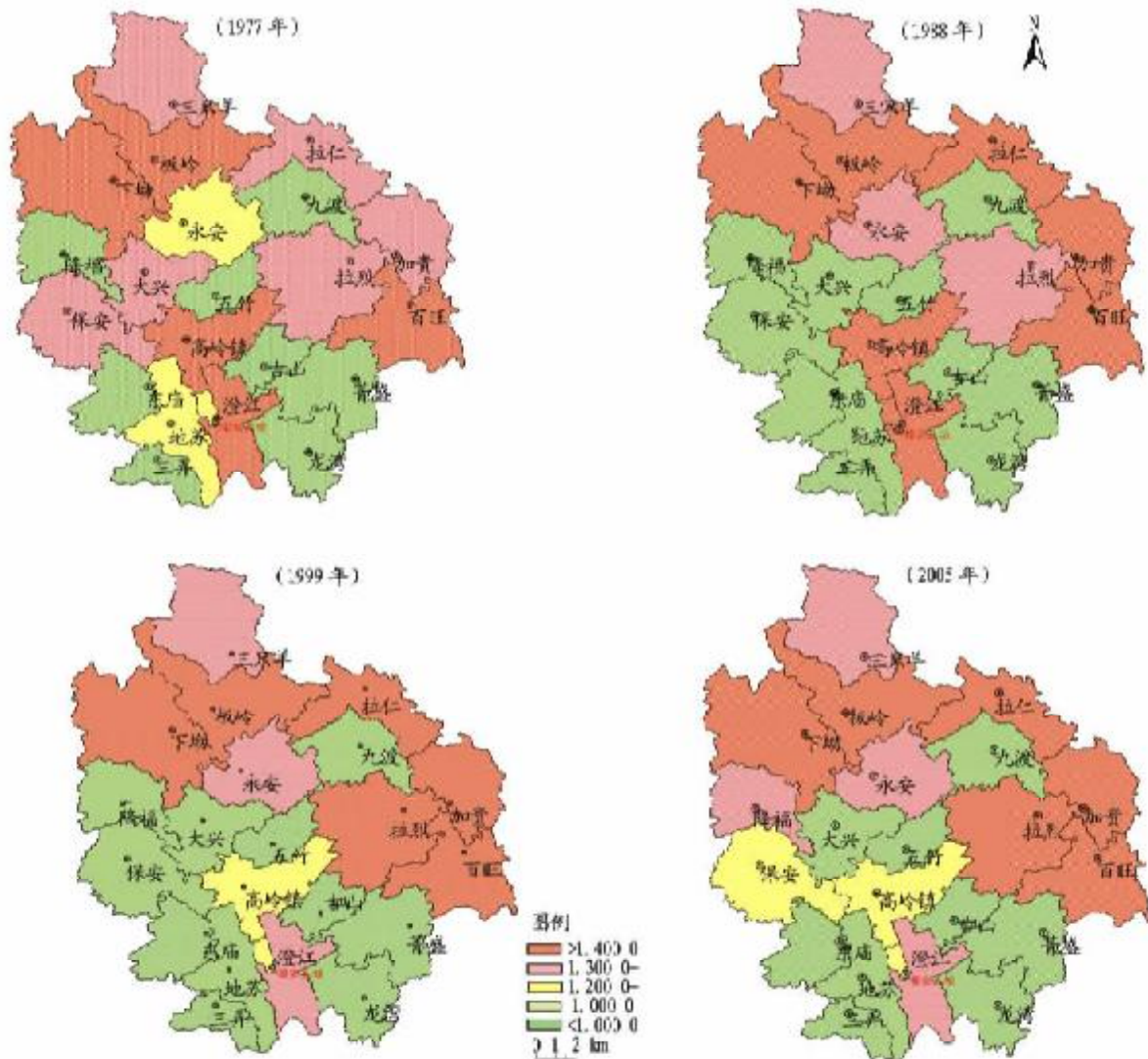


图1 1977、1988、1999和2005年都安县各乡镇土地利用结构信息熵空间分布

Fig. 1 The spatial distribution of the information entropy of the land use structure for the towns and villages of Du'an County in 1977, 1988, 1999 and 2005

都安喀斯特土地利用结构信息熵的空间差异是各乡镇地形地貌、水文地质等自然生态环境因素以及区位条件、经济发展水平等社会经济因素综合作用的结果。从地形地貌、水文地质等自然生态环境来看,百旺、下坳、板岭等乡镇土山丘陵、谷地分布广,岩石裸露面积小,分别占各乡镇土地总面积的 24%、35.01% 和 35.82%,在全县各乡镇中裸岩地所占比例最小,此外,刁江穿境而过,土地资源开发条件较好,各类用地齐全,所占比例相差不大,因而土地利用结构信息熵高。三弄、古山、龙湾等乡镇,石山分布广,岩性以纯度较高的碳酸盐为主,裸岩地均占很大比例,分别占土地总面积的 77.22%、75.86% 和 75.37%;地下河发育,地表土层薄、缺水,土地资源开发利用难度大,土地利用类型单一,如三弄、古山、龙湾均缺失有林地、疏林地和草地,河谷耕地、灌丛地、居民用地仅占很小比例,各类用地比例相差悬殊,因而土地利用结构信息熵低。从区位条件与经济发展水平看,百旺、下坳、板岭等乡镇与经济相对发达的河池市金城江区和宜州市交界,交通便利,经济发展水平较高,人口密度大,对土地系统干扰强度大,也是土地利用结构信息熵高的主要原因之一;而三弄、古山、龙湾等乡镇地处都安县偏僻地区,区域内山高谷深,交通闭塞,受外界干扰小,为土地利用结构信息熵低值区。

4 结论

先天脆弱的喀斯特地质-生态背景,导致都安喀斯特土地利用系统抗干扰能力低,土地系统稳定性差。通过对都安喀斯特土地利用结构信息熵时空变化的初步研究,得出以下结论。

(1) 从时序演变过程看,1977~2005 年的 28 年间,都安喀斯特土地利用结构信息熵呈现先增加后减小再增加的变化态势,都安喀斯特土地利用系统的演变过程表现为无序度

先升后降再升,而有序度先降后升再降。经济发展、人口增长和政策等因素是都安喀斯特土地利用结构信息熵时序变化的直接动因,同时,信息熵的变化与先天脆弱的喀斯特地质-生态背景密切相关。

(2) 都安喀斯特土地利用结构信息熵在空间上存在明显差异,这种差异是各乡镇地形地貌、水文地质等自然生态环境因素以及区位条件、经济发展水平等社会经济因素综合作用的结果。

(3) 选择典型喀斯特县域进行土地利用结构信息熵时空变化研究,为深入探索喀斯特土地系统的演变过程提供了新的途径,为喀斯特县域土地利用的优化配置以及石漠化综合治理提供科学依据;同时也为信息熵理论在喀斯特区域的应用研究提供了新的案例。

参考文献

- [1] 刘康. 土地利用可持续性评价的系统概念模型[J]. 中国土地科学, 2001, 15(6): 19-23.
- [2] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京: 学苑出版社, 1999.
- [3] 谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 112-117.
- [4] 蔡进, 刘秀华, 丁恩俊. 基于信息熵的县域土地利用结构变化与分布研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(21): 6539-6541.
- [5] 何祖慰, 杨忠, 罗辑. 西藏昌都地区土地利用结构熵值时序分析[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 192-195.
- [6] 董杰, 杨春德, 周秀慧, 等. 山东省土地利用结构时空变化及其驱动力机制分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 206-210.
- [7] 陈荣蓉, 宋光煜, 信桂新, 等. 土地利用结构熵特征与社会经济发展关联分析[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(7): 138-144.
- [8] 赵晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究, 2004, 23(2): 137-146.
- [9] 仪垂祥. 非线性科学及其在地理学中的应用[M]. 北京: 气象出版社, 1995.
- [10] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述-从信息熵到分数维[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146-152.

(上接第 12866 页)

安徽省劳动力向外输出在不断增多,2000 年安徽省农村劳动力转移人数 786.4 万人,比上年增加 140.6 万人,增幅达 21.8%;2004 年安徽省农村劳动力转移人数 1 089.2 万人,比 2003 年增长 11.6%。2000 年与 2004 年相比,安徽省劳动力转移数量由 786.4 万增长到 1 089.2 万,增长了 38.5%^[10]。在这种情况下,当一个省的农村劳动力向外转移在不断增加时,实施不挂钩方式粮食直补更有利于当地农村的发展。

参考文献

- [1] 农业部政策法规司课题组. 粮食补贴方式改革探讨[J]. 农业经济问题, 2003(5): 4-9.
- [2] 李经谋. 对新形势下粮食补贴问题的思考[J]. 中国粮食经济, 2003(2): 16-18.

- [3] 张传权. 深化粮食流通体制改革的重大举措——改间接补贴为直接补贴[J]. 中国粮食经济, 2003(8): 13-14.
- [4] 钟甫宁. 农业政策学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000.
- [5] 国家发展与改革委员会宏观经济研究院课题组. 粮食主产区农业补贴政策调整向何处去——对吉林省长春市的调查[J]. 中国农村经济, 2003(6): 51-57.
- [6] 吴成福. 粮食补贴政策的实施效果及改进建议[J]. 理论探索, 2006(6): 86-88.
- [7] 郭玮. 农业补贴的政策转型与具体操作[J]. 中国农村经济, 2003(10): 61-64, 71.
- [8] 姜岩, 陈通. 关于我国农民非农业收入增长问题的分析及对策选择[J]. 未来与发展, 2006, 27(6): 41-44.
- [9] 沈启地. 对吉林省东丰县粮食改革试点的思考[J]. 中国粮食经济, 2003(8): 9-12.
- [10] 王宁. 安徽农村劳动力转移能力再研究[J]. 安徽省情, 2006(1): 21-23.