

引用格式:曾晨岑,李阳兵,黄孟勤,陈爽,唐金京,汤蕾. 山区农业生态系统形态转型研究——以三峡库区腹地为例[J]. 山地学报,2022,40(3):462-478.

ZENG Chencen, LI Yangbing, HUANG Mengqin, CHEN Shuang, TANG Jinjing, TANG Lei. On the conversion of agroecosystem in mountainous areas: A case study of the Three Gorges Reservoir Area, China [J]. Mountain Research, 2022, 40(3):462-478.

山区农业生态系统形态转型研究 ——以三峡库区腹地为例

曾晨岑¹,李阳兵^{1,2*},黄孟勤¹,陈爽¹,唐金京¹,汤蕾¹

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院,重庆 401331; 2. 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室,重庆 401331)

摘要:在乡村振兴背景下,明确农业生态系统内部各要素的变化特征、揭示农业生态系统发展阶段和转型现状,对指导山区农业发展具有重要意义。已有研究缺乏对山区农业生态系统转型机理的研究,缺乏直观揭示山区农业生态系统转型路径的分析方法,未能从乡村经济社会发展视角探索农业生态系统内部各要素在时间尺度上的转型特征。本文采用实证研究的方法,以三峡库区腹地这一典型山区农业生态系统为例,构建了农业生态系统形态转型研究框架,从乡村经济社会转型视角探究六个区县在劳动力要素变动下的农业生态系统形态的演变规律及动力机制。结果表明:(1)乡村经济社会由初期阶段到发展阶段,在农户、政府需求耦合转变下,人口结构、土地利用结构、农作物产量结构、生产投入结构、农民收入结构的变化决定着农业生态系统形态的转型。(2)农业生态系统形态存在内部结构演化的阶段性,其农业生态系统形态在2000—2008年实现了从生产社会—粗放型向经济生态—发展型转型,在2009—2019年实现了从经济生态—发展型向生态社会—集约型转型。(3)农业生态系统形态转型的驱动机理表现为经济社会、政策驱动力沿“城镇化发展、政策的响应—农业收入和非农收入差异—乡村经济社会转型—农业人口变化—土地利用转型与乡村转型—农户、政府需求耦合转型—农业生态系统结构变化—农业生态系统形态转型”这一路径联合响应。研究结果可以为山区农业结构调整、农业发展模式选择以及农业生态系统转型规律研究提供新的视角。

关键词:农业生态系统;结构;形态转型;乡村经济社会转型;三峡库区

中图分类号: S17

文献标志码: A

农业生态系统是以耕地、森林、生物等农业资源为基础的、一种按照人类的意愿输出物质、受人类影响程度高的复杂生态系统^[1]。乡村是农业生态系统的典型承载单元。随着城乡经济社会发展要素的超前或滞后转化,土地利用转型促使着乡村农业生

态系统内部人口、生产方式、社会生活、生态环境等的转变^[2-4]。当乡村地域系统逐步由传统农业型体制向新型农业型体制与非农型体制演化,农业生态系统随之发生转型^[1,5]。

充分认识农业生态系统发展阶段和转型时空差

收稿日期 (Received date): 2022-01-20; **改回日期** (Accepted date): 2022-06-22

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金(41661020); 重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2018jcyjAX0539); 重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2017jcyjB0317); 重庆市教育委员会人文社会科学研究项目(19JD026)。[National Natural Science Foundation of China (41661020); Chongqing Basic and Frontier Research Innovation Project (cstc2018jcyjAX0539); Chongqing Basic and Frontier Research Innovation Project (cstc2017jcyjB0317); Humanities and Social Science Research Project of Chongqing Education (19JD026)]

作者简介 (Biography): 曾晨岑(1998-),女,湖南耒阳人,硕士研究生,主要研究方向:水土保持与土地利用研究。[ZENG Chencen (1998-), female, born in Leiyang, Hunan province. M. Sc. candidate, research on soil and water conservation and land utilization] E-mail: zeng_c_c@foxmail.com

* **通讯作者** (Corresponding author): 李阳兵(1968-),男,重庆潼南人,博士,教授,主要研究方向:土地利用与生态过程研究。[LI Yangbing (1968-), male, born in Tongnan, Chongqing. Ph. D., professor, research on land use and ecological process] E-mail: li-yapin@sohu.com

异,以及农业生态系统转型规律,是指导典型乡村农业结构调整和人地关系相协调发展的科学基础。目前国内外学者侧重于乡村农业生态系统外部的服务与功能的评估,对揭示山区农业生态系统内部要素转型的研究缺乏深度与适用性。具体而言:(1)研究内容相对集中,缺乏深度:评估农业经营方式及土地利用变化等要素对区域农业生态系统的影响^[6-7];农业生态系统服务价值与城镇化水平的时空动态关系^[8-9];农业生态系统脆弱性^[10-11]及区域农业生态和经济协调发展模式^[12-13]等方面。(2)研究对象的适用性不强:着眼于平原、丘陵等地势较平坦的区域^[14-17],而对自然和经济条件特殊、农业基础薄弱、耕地利用效率低、机械对劳动力的替代程度较小、农户生计方式转变较大的山区^[18-19],缺乏农业生态系统转型机理的深入研究,且未能从乡村经济社会发展视角,探索农业生态系统内部各要素在时间尺度上呈现出的转型特征规律,无法直观揭示山区农业生态系统转型路径。

三峡库区腹地农业生态系统处于传统农业向现代农业转型的重要阶段^[20]。三峡库区原有农业生态系统内部的各要素发生变化,长期面临着大量农村劳动力向非农业部门转移的现实问题^[21]。有学者^[1]研究了三峡库区农业生态系统内部要素,但对山区农业生态系统内部要素转型的特殊性,以及与其他区域的共同性,在总体上缺乏认识,不利于从全局把握农业生态系统发展阶段和转型现状。在新时期乡村振兴背景下,厘清三峡库区农业生态系统转

型阶段及其内部各要素的变化规律,有效指导其农业生态系统转型,这是三峡库区实现现代农业转型亟待解决的科学问题。

本文以三峡库区农业生态系统为例,通过实证研究的方法,构建内部人口结构、土地利用结构、农作物产量结构、生产投入结构、农民收入结构五个方面的指标,探究新时代以来三峡库区典型山区农地利用转型下的农业生态系统转型特征,并从区县尺度上分析各类因素对山区农业生态系统转型的影响,揭示转型的驱动机制,以此为三峡库区典型山区人地关系协调发展提供新思路,本研究结果对促进城乡融合与乡村振兴具有重要意义。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

三峡库区重庆段(28°28'~31°44'N、105°49'~110°12'E)位于长江上游下段,总面积 46 158.53 km²。地貌类型以山地和丘陵为主,属于亚热带湿润季风气候。受三峡工程建设与城镇化等的影响,区域人口大量迁移,坡地开垦过度、水土流失严重、生态环境遭到破坏。本文研究区包括巫山县、巫溪县、奉节县、云阳县、开州区和万州区 6 个区县(图 1),21 世纪以来各区县耕地和灌木林地主要转向规模农地,农户生计发生了变化,乡村经济社会发展差异明显^[22]。

1.2 数据来源

本文相关数据来源及说明如表 1 所示。

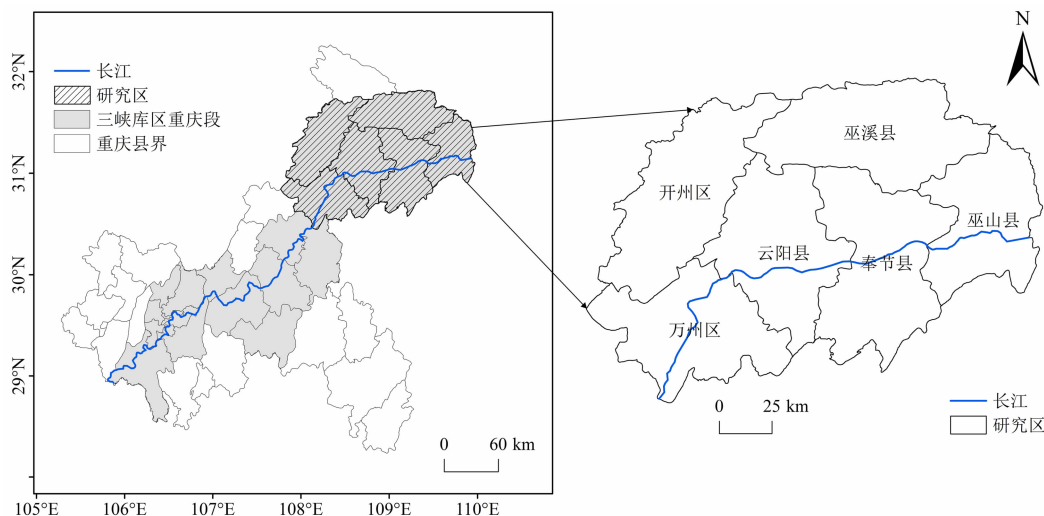


图 1 研究区概况

Fig. 1 Overview of research area

表 1 数据来源及说明

Tab. 1 Sources and explanations of data

数据类型	指标	来源
土地利用面积数据	常用耕地面积, 森林面积, 农作物播种面积, 粮食播种面积, 土地面积	《巫山统计年鉴》
农业生产及农户相关数据	粮食作物产量(谷物、豆类、薯类), 经济作物产量(油料、糖类、烟叶、蚕茧、茶叶), 生态作物产量(蔬菜、水果), 农药、化肥使用量, 农业机械总动力, 乡村第一、二、三产业从业人员, 乡村从业人员, 人口自然增长率, 农户各项收入等	《巫溪统计年鉴》《奉节统计年鉴》 《云阳统计年鉴》《开州统计年鉴》 《万州统计年鉴》
乡村经济社会数据	农业总值, 常住人口, 人均地区生产总值, 国内生产总值, 城镇、农村居民可支配收入, 农村居民家庭生活消费支出, 师生人数	《重庆市统计年鉴》 《重庆市调查年鉴》

2 研究思路与研究方法

2.1 乡村经济社会转型概念

在工业化和城镇化的推动下, 乡村地区正在经历深刻的经济社会转型^[23]。乡村经济社会转型是指在人口、土地和产业的影响下^[24], 乡村经济社会逐渐由乡村性向城市性转变的过程^[25], 如农村人口大规模流动、农村产业非农化、农民收入和消费水平提高等^[26-27]。

2.2 农业生态系统结构含义

农业生态系统结构指其内部重要组成要素在数量上的比例关系, 本文主要选取人口、土地利用、农作物产量、生产投入、农民收入五个结构要素。随乡村经济社会的发展, 五个结构之间相互作用和联系, 由人口结构转变引发的其他结构要素的变化特征反映着农业生态系统形态现状。

2.3 农户、政府需求耦合转型与农业生态系统形态转型研究框架

农业生态系统形态指农业生态系统内部结构要素的变化特征, 主要体现为人类对农业目标的追求与土地利用形态相匹配^[1,28]。因此, 农业生态系统形态转型主要表现为农民与农地之间相互作用的转变过程。随着乡村经济社会的变革, 农户、政府需求变动驱动着人口结构、种植结构、生产方式结构等的变化^[29], 作用于相应阶段土地利用形态的转变过程, 如农地利用从粗放化转向集约化、农地经济效益的提高、农地利用功能逐渐多样化等等, 能够反映出山区农业生态系统功能、空间状态和生态环境方面的演变。可以认为, 农业生态系统形态与乡村经济社会发展有一定的关联, 即农业生态系统形态在不同农业时期存在内部结构演化的阶段性。以山区为

例, 可分为:

2.3.1 山区传统农业发展过渡期

在乡村经济社会初期阶段, 农户需求表现为由生存向发展过渡, 政府需求表现为以粮为纲向提高作物经济效益和农户收入转变, 通过调整农业结构促进农民增收。农业生态系统结构特征为: 乡村人口快速向城镇转移, 非农劳动力快速转变; 由于政府推行退耕还林等生态工程改变了农地利用方式, 山区坡耕地收缩、撂荒^[30], 林地扩张, 农地对人口集聚、产业发展作用较弱^[18]; 在有限的农地面积要实现土地经济效益最大化, 农户倾向于增加机械、化肥、农药等投入量; 农户在家庭劳动力资源条件和市场价格、市场需求的驱动下, 农作物种植选择以粮食作物为主, 以经济和生态作物为辅, 农作物种植多样化不明显; 农户仍依赖农地生产粮食补给口粮和提高收入, 生计方式以纯农生计为主, 逐步向兼业型发展。该阶段农业生态系统形态表现为由生产社会-粗放型向经济生态-发展型农业生态系统转变。

2.3.2 山区现代农业转型期

在乡村经济社会发展阶段, 农户寻求更多发展, 政府需求表现为以提高作物经济效益向保障粮食安全和生态建设转变, 调整乡村产业结构提升农民生活质量。农业生态系统结构特征为: 乡村人口持续向城镇转移, 但务农人口缓慢减少至趋于稳定; 山区坡耕地撂荒率降低, 果林扩张, 农地对人口集聚、产业发展作用增加, 农地利用主要以改善乡村人居环境为主; 政府倾向于发展新型农业经营方式和主体, 农地使用从节省劳力型转向技术密集型, 另外, 农户意识到保护乡村生态环境的重要性, 化肥、农药使用量由高向降低趋势转变; 农户为响应农业供给侧改革以及居民对油料、果品类需求的增大, 农作物种植已向多样化方向发展; 农户对农地的依赖性明显降

低,倾向于购买口粮,农户生计由纯农生计转为务工、兼业方式。该阶段农业生态系统形态表现为由经济生态-发展型向生态社会-集约型农业生态系统转变(图2)。

三峡库区乡村农地利用正在由传统的耕作与农户生计方式向现代化新型农业与多样化生计方式转化^[1],故本文进一步提出在乡村经济社会的不同发展阶段,随农户、政府需求耦合的转变,农业人口要素发生变化,进而导致土地利用类型、生产投入、农作物产量和农民收入要素发生变化,基于以上农业生态系统内部结构要素变化特征来揭示农业生态

系统形态发展阶段和转型现状。

2.4 乡村经济社会与农业生态系统形态转型测度方法

本研究采用多因素综合评价法对乡村经济社会发展与农业生态系统形态特征进行评价,使用各评价指标原始统计数据,通过离差标准化方法处理后,运用式(1)~式(3)计算子系统和系统转型值,各评价指标权重则由熵权法求得(表2)。正向指标数值越大,转型度越高;逆向指标数值越大,转型度越小。

$$E = \sum W \times X_{ij} \quad (1)$$

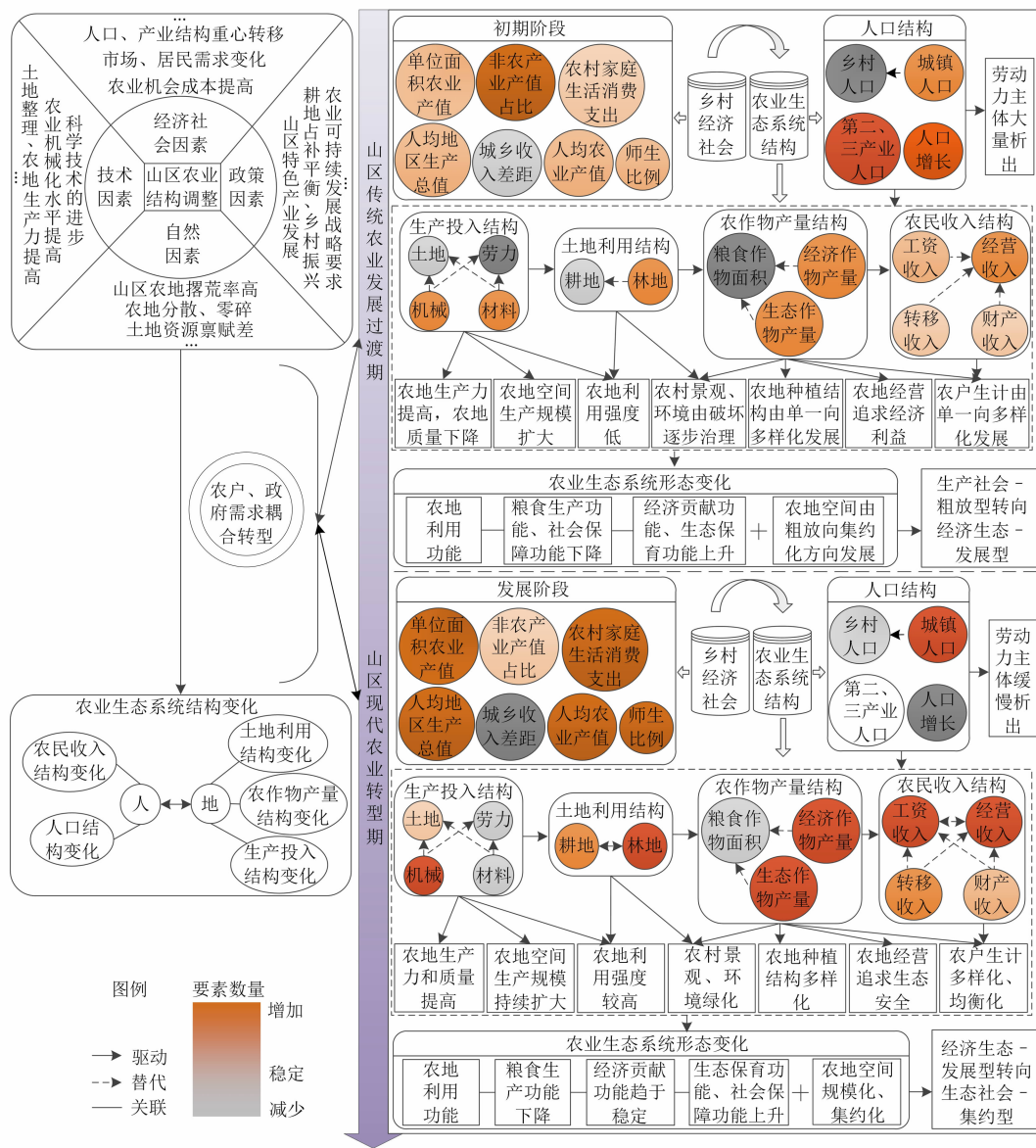


图2 乡村经济社会转型中的农业生态系统结构与农业生态系统形态转型关系

Fig. 2 Relationship between agroecosystem structure and morphological transformation in rural economic and social transformation

表 2 乡村经济社会转型与农业生态系统形态转型评价指标体系

Tab.2 Evaluation index system of rural economic and social transformation and agroecosystem morphological transformation

系统	子系统	子系统含义	指标层	具体指标	权重 W	指标方向
乡村经济社会转型 E_{js}	乡村经济转型 E_j	土地产出效益和农业商品化率的大幅提高反映农业经济向非农经济转变的过程	农业经济转变	单位面积农业总值 N_s	0.16	+
				人均农业产值 N_p	0.18	+
				人均地区生产总值 P_{GDP}	0.18	+
				非农产业产值占比 N_f	0.04	+
	乡村社会转型 E_s	反映农村教育水平和农民生活消费状况的转变	农民生活水平转变	城乡收入差距 I_{ex}	0.13	-
				农村居民家庭生活消费支出 N_x	0.18	+
师生比例 R_s				0.14	+	
农业生态系统形态转型 E_{nx}	人口结构转型 E_p	反映乡村人口的迁移及人口数量的变化	非农劳动力转变	乡村第二、三产业人员占比 P_{esr}	0.03	+
			人口增长转变	人口自然增长率 N	0.02	+
	土地利用结构转型 E_l	反映乡村景观恢复过程	耕地利用程度转变	耕地垦殖指数 S_k	0.04	+
			植被恢复过程转变	森林覆盖率 S_f	0.06	+
	农作物产量结构转型 E_c	反映农地用途重心的转移及农地规模化程度	粮食作物种植转变	粮食播种面积占比 S_{ls}	0.05	-
			经济生态作物种植转变	单位面积粮食作物产量 Q_{ls}	0.04	-
				单位面积经济作物产量 Q_{ji}	0.04	+
				单位面积生态作物产量 Q_{st}	0.06	+
	生产投入结构转型 E_t	反映农地集约利用程度	生产要素转变	单位面积化肥使用量 FUA	0.03	+
			农业技术水平转变	单位面积农药使用量 IP	0.08	+
				农业机械化水平 AML	0.06	+
	农民收入结构转型 E_i	反映农民收入来源及生计方式的转变	非农收入转变	农村居民工资性收入 I_{gz}	0.09	+
				农村居民转移性收入 I_{zy}	0.16	+
				农村居民财产性收入 I_{cc}	0.14	+
农业收入转变			农村居民经营性收入 I_{jy}	0.10	+	

注：“+”表示正向指标，“-”表示逆向指标。

$$E_{js} = E_j + E_s \tag{2}$$

$$E_{nx} = E_p + E_l + E_c + E_t + E_i \tag{3}$$

式中, E 为转型指数; W 为子系统评价值的指标权重; X_{ij} 为 i 年 j 指标的标准化值; E_{js} 、 E_{nx} 、 E_j 、 E_s 、 E_p 、 E_l 、 E_c 、 E_t 、 E_i 各指数含义见表 2。

3 结果分析

3.1 整体乡村经济社会与农业生态系统形态转型

在 2000—2008 年和 2009—2019 年两个时期, 乡村经济社会转型、农业生态系统形态转型、乡村经济转型和乡村社会转型先缓慢增加后快速增加。人口结构转型先大幅增加后缓慢增加至稳定, 其中非农业劳动力转变先大幅增加后小幅增加, 人口增长转变先增加后下降; 土地利用结构转型先缓慢增加后大幅增加至稳定, 其中耕地利用程度转变先下降后小幅增加至稳定, 植被恢复过程转变持续增加; 农

作物产量结构转型先缓慢增加后大幅增加, 其中粮食作物种植转变先下降后大幅下降, 经济生态作物种植转变先小幅增加后大幅增加; 生产投入结构转型先大幅增加后下降至稳定, 其中生产要素转变先增加后下降, 农业技术水平转变持续增加; 农民收入结构转型、非农收入转变和农业收入转变先缓慢增加后大幅增加(图 3)。

3.2 各区县乡村经济社会与农业生态系统形态转型特征

3.2.1 各区县乡村经济社会与农业生态系统形态转型

对各区县乡村经济社会和农业生态系统形态转型指数进行分级, 可以看出各区县乡村经济社会和农业生态系统形态转型指数持续增加。在 2008 年, 巫溪县、巫山县、奉节县、万州区的农业生态系统形态发生明显转型, 开州区、巫溪县、云阳县的乡村经济社会发生明显转型(图 4)。

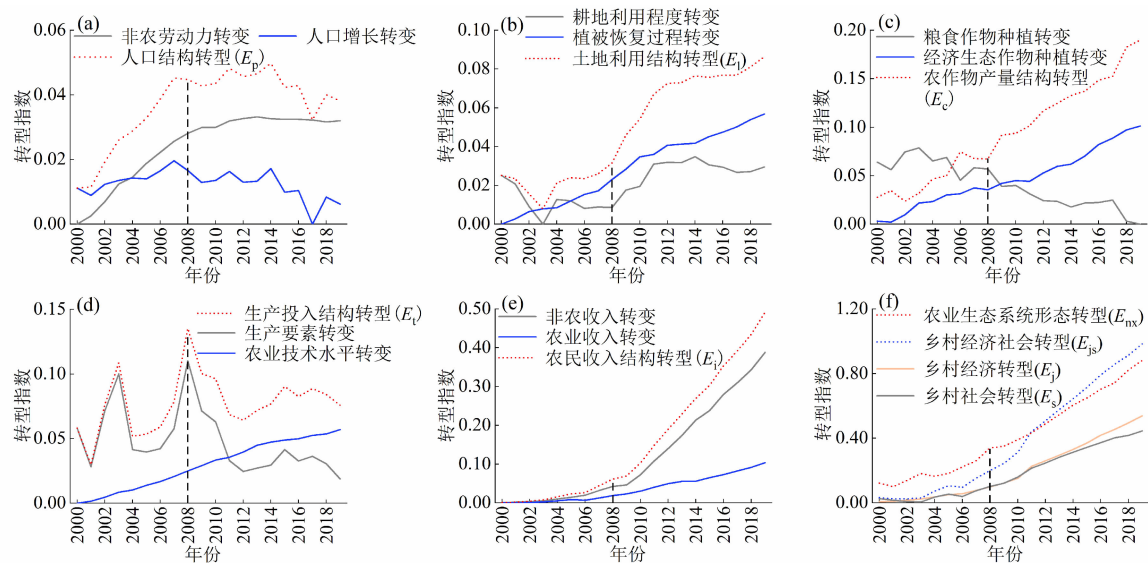


图3 2000—2019年整体六个区县乡村经济社会与农业生态系统形态转型：(a)人口结构转型指数变化；(b)土地利用结构转型指数变化；(c)农作物产量结构转型指数变化；(d)生产投入结构转型指数变化；(e)农民收入结构转型指数变化；(f)乡村经济社会与农业生态系统形态转型指数变化。六个区县分别为巫山县、巫溪县、奉节县、云阳县、开州区、万州区。

Fig. 3 Transformation of rural economy society and agroecosystem morphology in the overall six districts and counties from 2000 to 2019: (a) Changes of E_p index; (b) Changes of E_l index; (c) Changes of E_c index; (d) Changes of E_i index; (e) Changes of E_i index; (f) Changes of E_{j_s} and E_{n_x} index. The six districts and counties are Wushan County, Wuxi County, Fengjie County, Yunyang County, Kaizhou District and Wanzhou District.

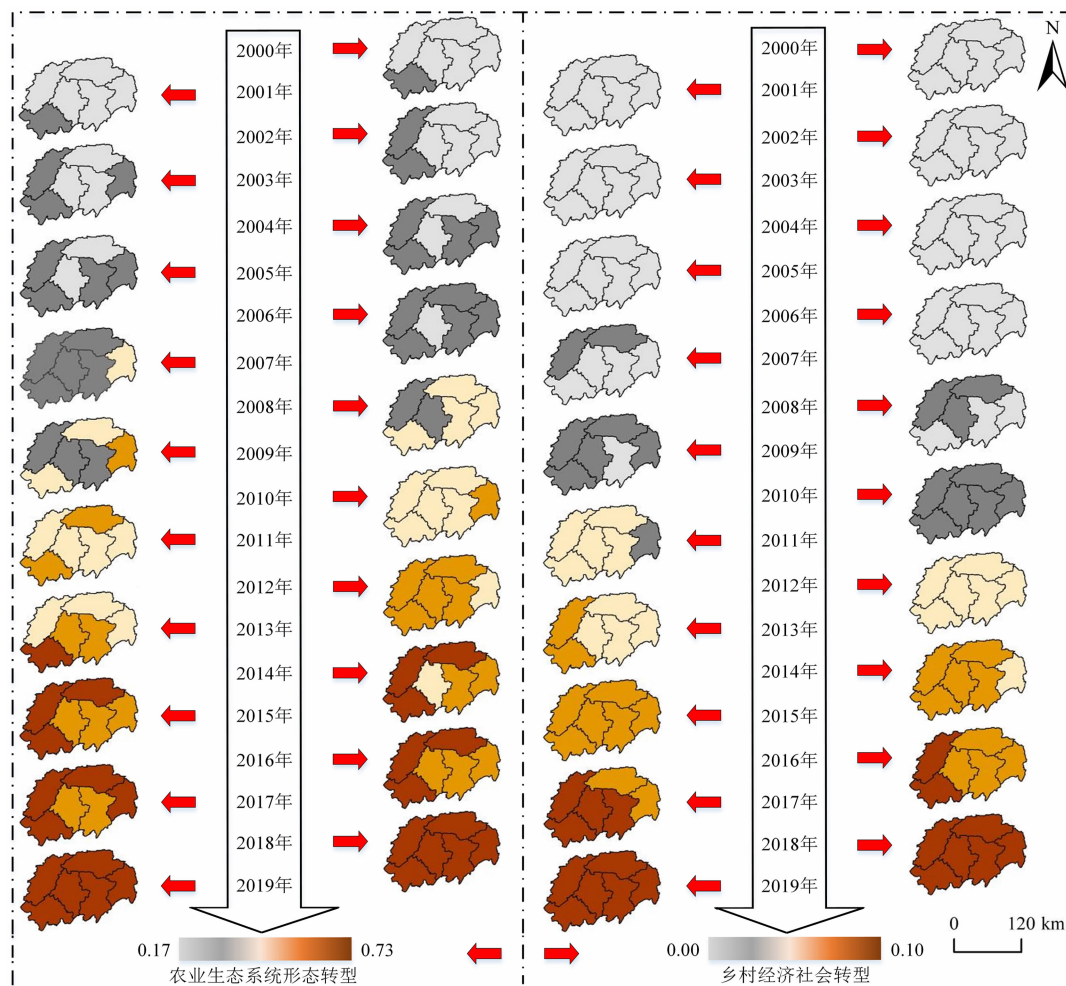


图4 2000—2019年各区县乡村经济社会与农业生态系统形态转型

Fig. 4 Transformation of rural economy society and agroecosystem morphology in each district and county from 2000 to 2019

3.2.2 经济社会转型

研究区经济社会发展在 2008—2010 年间有明显转折点(图 5)。2000—2008 年,各区县单位面积农业总值、人均农业产值、人均地区生产总值、非农产业产值占比、农村居民家庭生活消费支出、师生比例总增加量分别为 6.92 万元/hm²、0.35 万元/人、39 074 元、1817.78%、8299.97 元、3.22%,城乡收入差距总减少量为 136.83%,各区县经济社会要素缓慢转化,由于农业产业化位于起步阶段,所以非农产业产值占比总增加量较大。

2009—2019 年,各区县单位面积农业总值、人均农业产值、人均地区生产总值、非农产业产值占比、农村居民家庭生活消费支出、师生比例总增加量分别为 32.28 万元/hm²、2.29 万元/人、184 355 元、265.03%、51 870.48 元、11.02%,城乡收入差距总减少量为 446.76%,各区县经济社会要素快速转化,由于农业产业化进入发展阶段,相应非农产业产

值占比总增加量缓慢增加至趋于稳定。

3.2.3 人口结构

2000—2008 年,各区县乡村第二、三产业人员占比大幅增加,人口自然增长率除万州区较低且缓慢增加外,其余区县均大幅增加。2009—2019 年,各区县乡村第二、三产业人员占比缓慢增加至趋于稳定,人口自然增长率大幅下降,在 2017 年达最低值(图 6)。

3.2.4 土地利用结构

2000—2008 年,各区县耕地垦殖指数波动下降至稳定,森林覆盖率增加,其中巫山县、巫溪县、开州区森林覆盖率大幅增加,奉节县、云阳县和万州区森林覆盖率缓慢增加。

2009—2019 年,各区县耕地垦殖指数增加至趋于稳定。其中巫山县、巫溪县和开州区逐年增加,至 2017 年后速度减缓,奉节县和云阳县缓慢增加至 2017 年后趋于稳定;万州区经济发展最快,其建设用地面积比例较大,耕地垦殖指数逐年下降至 2017

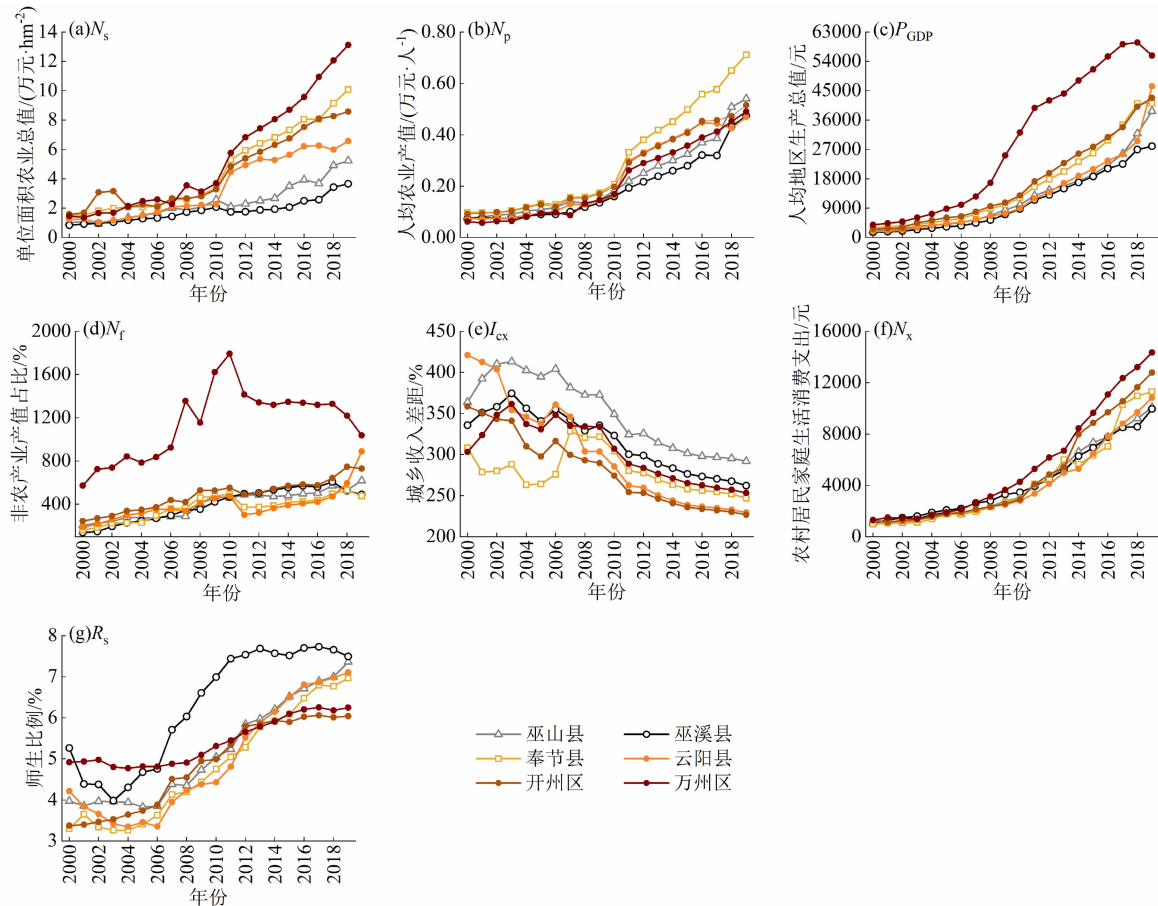


图 5 2000—2019 年各区县乡村经济社会指标变化:(a)单位面积农业总值变化;(b)人均农业产值变化;(c)人均地区生产总值变化;(d)非农产业产值占比变化;(e)城乡收入差距变化;(f)农村居民家庭生活消费支出变化;(g)师生比例变化

Fig. 5 Changes of rural economic and social indicators in each district and county from 2000 to 2019: (a) Changes of N_s ; (b) Changes of N_p ; (c) Changes of P_{GDP} ; (d) Changes of N_f ; (e) Changes of I_{ex} ; (f) Changes of N_x ; (g) Changes of R_s .

年后趋于稳定。自 2012 年中国共产党第十八次全国代表大会提出“生态文明”理念,加强生态建设,各区县森林覆盖率大幅增加(图 6)。

3.2.5 生产投入结构

2000—2008 年,各区县农业机械化水平、单位面积化肥、农药使用量大幅增加。由于开州区、万州区第二产业发展较快,此阶段早期农业人口向非农产业转移,为提高作物产量,农药需求量增大;后因实行退耕还林、高效低毒农药的推广^[31],这两个区县单位面积农药使用量降低。

2009—2019 年,由于农业机械在山区适应性低,各区县农业机械化水平增加趋缓。各区县单位面积化肥、农药使用量大幅下降或缓慢增加,其中巫山县、巫溪县单位面积化肥使用量大幅下降,巫溪县、巫山县和奉节县单位面积农药使用量大幅下降至稳定,云阳县、开州区和万州区单位面积化肥、农药使用量和奉节县单位面积化肥使用量

缓慢增加(图 7)。

3.2.6 农作物产量结构

2000—2008 年,各区县粮食播种面积占比下降,单位面积粮食作物产量呈增加的趋势。各区县单位面积经济、生态作物产量增加,其中云阳县、开州区缓慢增加,奉节县、巫山县、巫溪县和万州区大幅增加。

2009—2019 年,各区县粮食播种面积占比持续下降,单位面积生态作物产量持续增加。各区县单位面积粮食作物产量大幅下降或缓慢增加至趋于稳定,其中巫山县、巫溪县、奉节县和云阳县大幅下降至 2018 年趋于稳定,开州区和万州区缓慢增加至 2018 年趋于稳定。各区县单位面积经济作物产量小幅下降或大幅增加至趋于稳定,其中巫山县、巫溪县小幅下降至趋于稳定,奉节县、云阳县、开州区和万州区大幅增加至趋于稳定(图 8)。

3.2.7 农民收入结构

2000—2008 年和 2009—2019 年两个时期,各

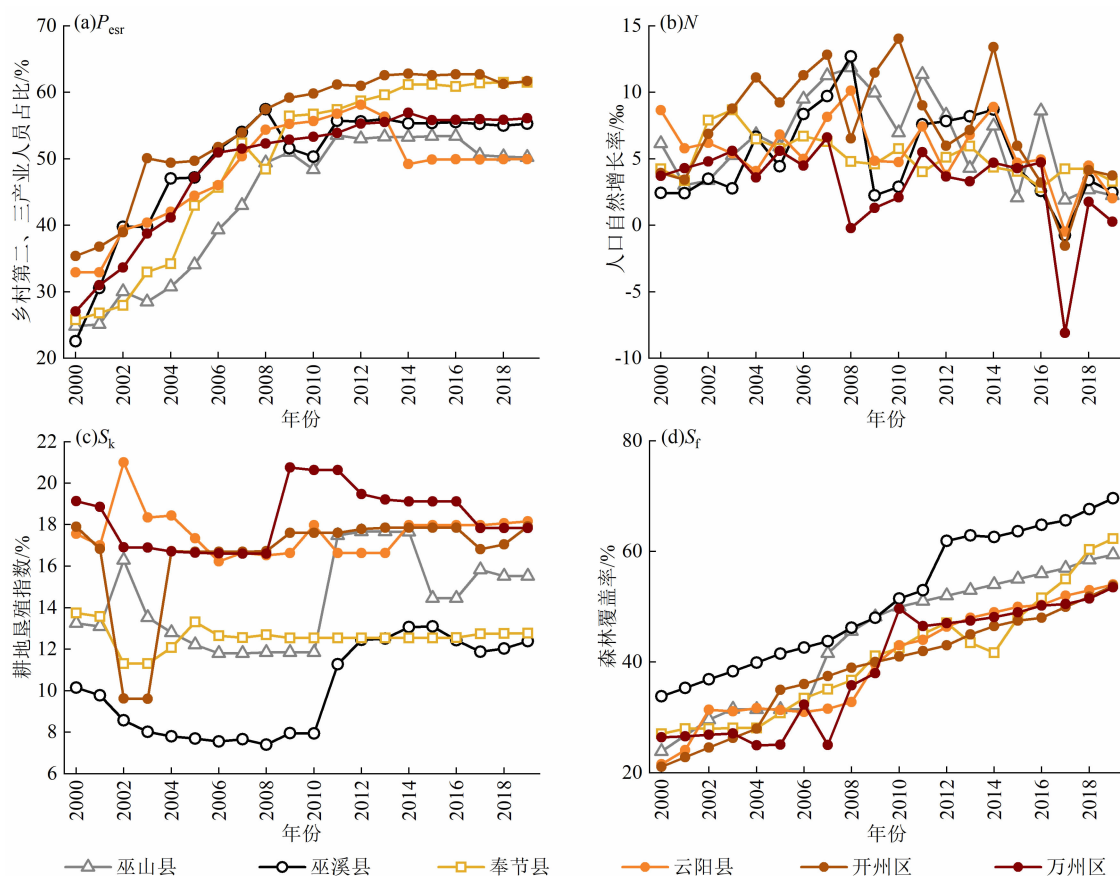


图 6 2000—2019 年各区县人口结构与土地利用结构指标变化:

(a) 乡村第二、三产业人员占比变化;(b) 人口自然增长率变化;(c) 耕地垦殖指数变化;(d) 森林覆盖率变化

Fig. 6 Changes of population structure and land use structure indicators in each district and county from 2000 to 2019:

(a) Changes of P_{esr} ; (b) Changes of N ; (c) Changes of S_k ; (d) Changes of S_f

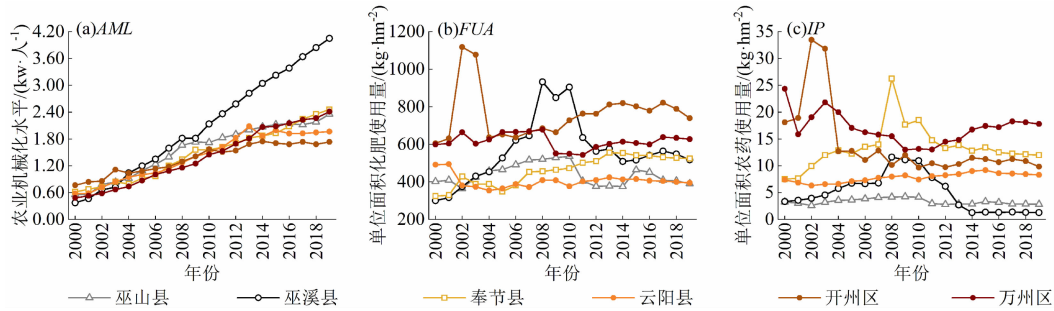


图 7 2000—2019 年各区县生产投入结构指标变化：

(a) 农业机械化水平变化；(b) 单位面积化肥使用量变化；(c) 单位面积农药使用量变化

Fig. 7 Changes of production input structure indicators in each district and county from 2000 to 2019:

(a) Changes of AML; (b) Changes of FUA; (c) Changes of IP

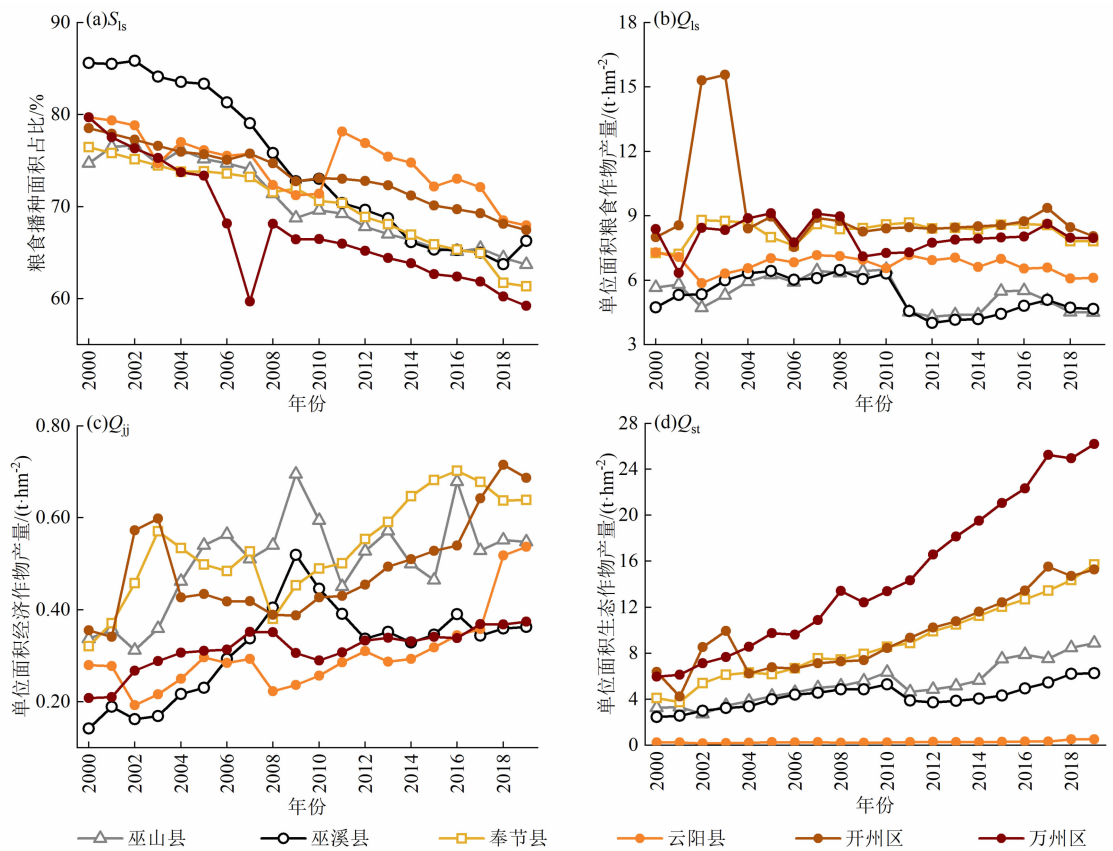


图 8 2000—2019 年各区县农作物产量结构指标变化：

(a) 粮食播种面积占比变化；(b) 单位面积粮食作物产量变化；(c) 单位面积经济作物产量变化；(d) 单位面积生态作物产量变化

Fig. 8 Changes of crop yield structure indicators in each district and county from 2000 to 2019:

(a) Changes of S_{ls} ; (b) Changes of Q_{ls} ; (c) Changes of Q_{jj} ; (d) Changes of Q_{st}

区县农村居民工资性收入、经营性收入、转移性收入和财产性收入先缓慢增加后大幅增加(图 9)。

3.3 乡村经济社会与农业生态系统形态转型关系

2000—2008 年,单位面积农业总值、人均农业产值、人均地区生产总值、农村居民家庭生活消费支出、师生比例缓慢增加,非农产业产值占比大幅增加,城

乡收入差距小幅降低;乡村第二、三产业人员占比、人口自然增长率大幅增加;耕地垦殖指数波动下降至稳定,森林覆盖率增加;农业机械化水平、单位面积化肥、农药使用量大幅增加;粮食播种面积占比下降,单位面积粮食作物、经济作物、生态作物产量增加;农村居民工资性收入、经营性收入、转移性收入、财产性收

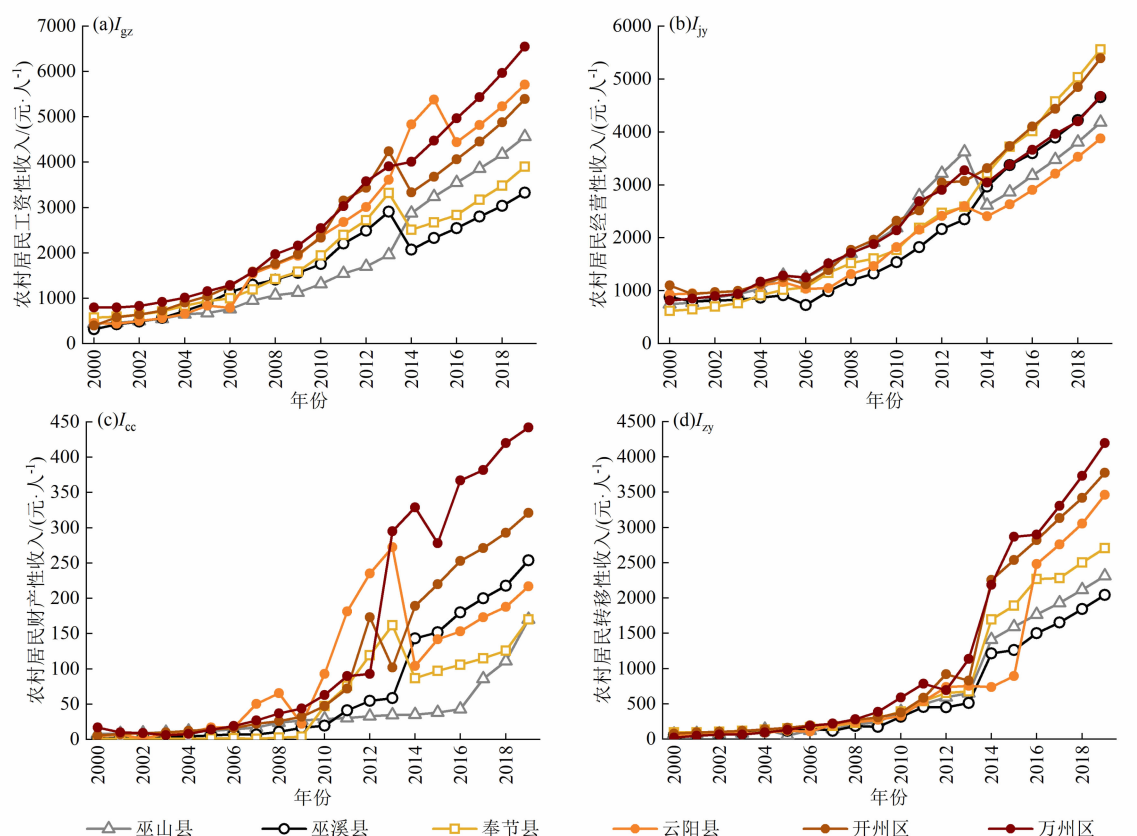


图9 2000—2019年各区县农民收入结构指标变化：

(a) 农村居民工资性收入变化；(b) 农村居民经营性收入变化；(c) 农村居民财产性收入变化；(d) 农村居民转移性收入变化

Fig. 9 Changes of farmers' income structure indicators in each district and county from 2000 to 2019;

(a) Changes of I_{gz} ; (b) Changes of I_{jy} ; (c) Changes of I_{cc} ; (d) Changes of I_{zy}

入缓慢增加,非农收入与农业收入之间的比值逐渐缩小。意味着在乡村经济社会和农业生态系统形态缓慢转型阶段,农业生态系统形态表现为由生产社会—粗放型向经济生态—发展型农业生态系统转变。

2009—2019年,单位面积农业总值、人均农业产值、人均地区生产总值、农村居民家庭生活消费支出、师生比例快速增加,非农产业产值占比缓慢增加至趋于稳定,城乡收入差距大幅降低;乡村第二、三产业人员占比缓慢增加至趋于稳定,人口自然增长率大幅下降;耕地垦殖指数增加至趋于稳定,森林覆盖率持续增加;农业机械化水平缓慢增加,单位面积化肥、农药使用量大幅下降或缓慢增加;粮食播种面积占比持续下降,单位面积粮食作物产量大幅下降或缓慢增加至趋于稳定,单位面积经济作物产量小幅下降或大幅增加至趋于稳定,单位面积生态作物产量持续增加;农村居民工资性收入、经营性收入、转移性收入、财产性收入大幅增加,非农收入比值逐渐大于农业收入。意

味着在乡村经济社会和农业生态系统形态快速转型阶段,农业生态系统形态表现为由经济生态—发展型向生态社会—集约型农业生态系统转变(图10)。

4 讨论

4.1 研究区不同时期农业生态系统形态转型趋势特征

2000年,农户对生产资料需求较大,土地垦殖强度大,生态环境较为脆弱,政府以满足国家和居民粮食需求为目标,农业生态系统形态表现为生产社会—粗放型。2008年,农户逐步发展自身技能,农户生计不再单一依赖土地,政府开始治理生态环境,同时注重农地经济效益的提升,农业生态系统形态表现为经济生态—发展型。2019年,受乡村生态农业转型的压力驱动,农业生态系统形态表现为生态社会—集约型(图11)。

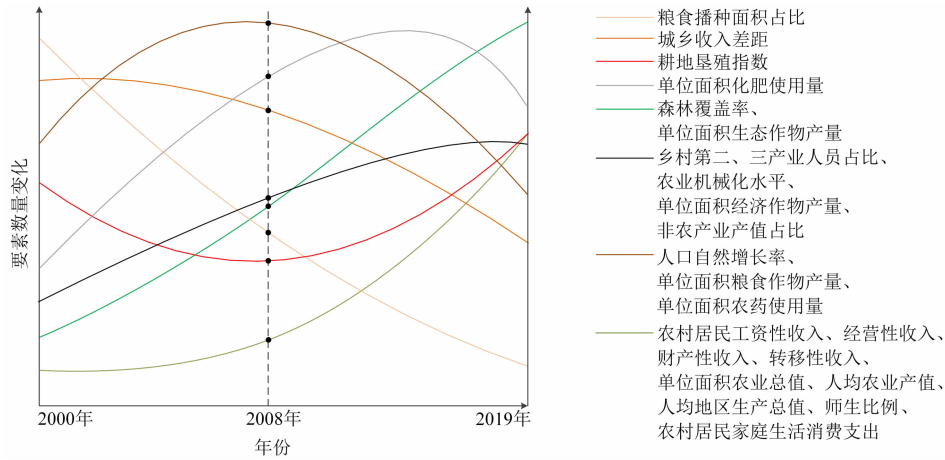


图 10 2000—2019 年研究区乡村经济社会与农业生态系统形态指标转型规律

Fig. 10 Transformation patterns of indicators of rural economy society and agroecosystem morphology in the study area from 2000 to 2019

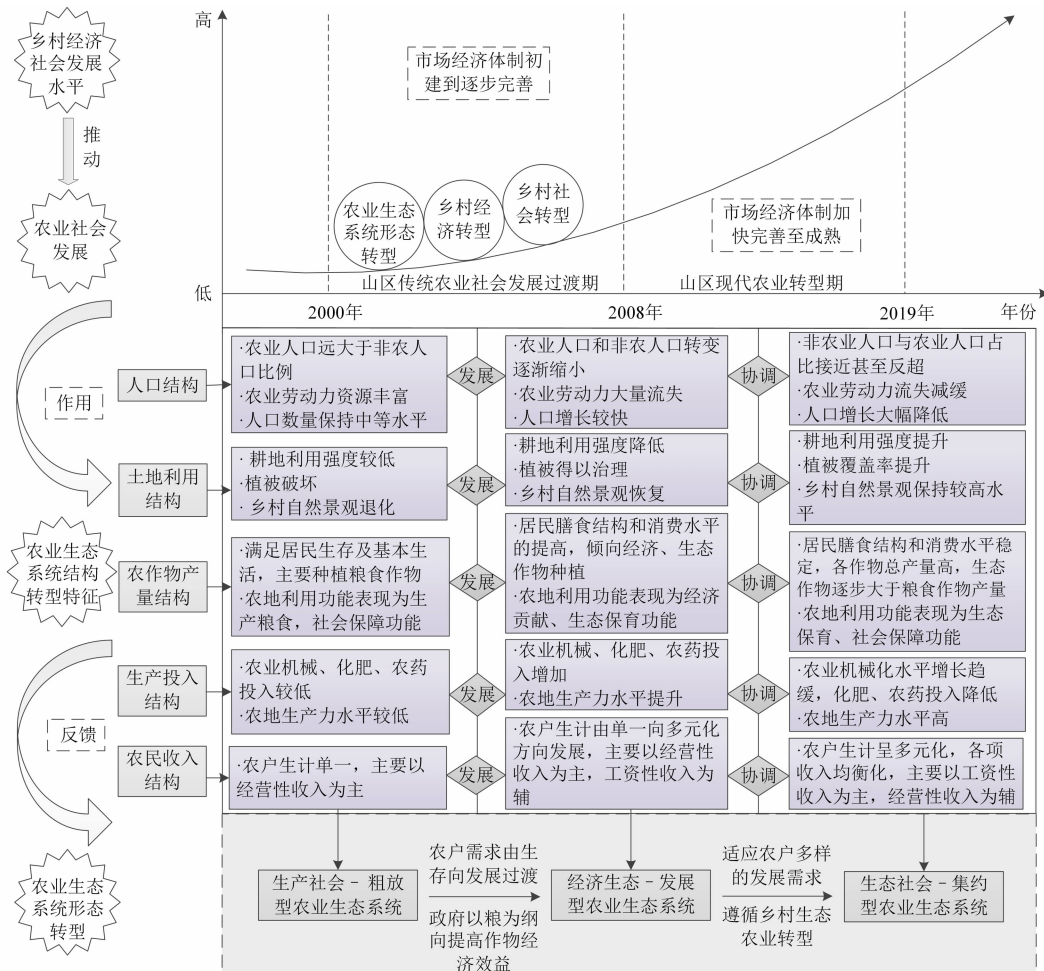


图 11 乡村经济社会与农业生态系统转型特征

Fig. 11 Transformation characteristics of rural economy society and agroecosystem morphology

农业生态系统形态中,生产社会-粗放型农业生态系统代表传统农业生态系统,生态社会-集约型农业生态系统代表现代农业生态系统,经济生态-发展

型农业生态系统代表由传统农业生态系统转向现代农业生态系统的过渡形态。这与已有研究对三峡库区传统农业生态系统转型轨迹的实质较为一致^[1]。

4.2 研究区农业生态系统形态转型的驱动机制

本文证实了农业生态系统形态转型具有阶段性,即山区传统农业发展过渡期(2000—2008年)、山区现代农业转型期(2009—2019年)。同时,整体六个区县的人口城镇化率由16.57%持续上升至48.19%,乡村经济社会和农业生态系统形态指标随着城镇化的发展表现出相应的变化。其中,粮食播种面积占比、城乡收入差距与城镇化发展呈负相关性;森林覆盖率、单位面积生态作物产量、经济作物产量、农业机械化水平、乡村第二、三产业人员占比、农村居民工资性收入、经营性收入、财产性收入、转移性收入、单位面积农业总值、人均农业产值、人均地区生产总值、非农产业产值占比、农村居民家庭生活消费支出、师生比例均与城镇化的发展呈正相关性。城镇化推动着乡村经济社会发展与乡村转型,是导致农业生态系统形态转型的主要驱动力^[1,23-24]。这一驱动力引发农业收入和非农收入水平差异,一方面,直接促使乡村地域系统中土地资源、农业生产、农作物产品等要素的相对价格变动,为提高农业收入,农户、政府需求因而发生转变;另一方面,间接推动农民从业性质转化,为提高非农业收入,农户、政府需求也发生相应变化,最终致使农业生态系统结构之间发生替换。

政策是农业生态系统形态转型的重要驱动因素。自2000年起,中国政府实施了退耕还林等一系列生态工程^[32],研究区耕地垦殖指数在2000—2008年呈降低趋势。2002年8月中国《土地承包法》颁布,推动农村土地流转,农地资源升值,为提高农地生产力,研究区单位面积化肥、农药使用量大幅增加。2008年,为保护耕地,重庆市推行了地票制度,耕地垦殖指数在2009—2019年上升。2016年,重庆市积极推行化肥农药减量化,倡导农业绿色发展,单位面积化肥、农药使用量降低。综上,耕地垦殖指数呈降低趋势,单位面积化肥、农药使用量呈增加趋势。同时,2000—2008年中国耕地资源开发频度降低^[33],机械化进程加快,研究区耕地垦殖指数、粮食播种面积占比下降,单位面积粮食作物产量呈增加趋势。由此,政策促使着不同农业时期农业生态系统结构中的土地利用、生产投入、农作物产量结构发生变化。

因此,本文认为山区农业生态系统形态转型的驱动机理表现为经济社会、政策驱动力沿“城镇化发展、政策响应—农业收入和非农收入差异—乡村经济社会转型—农业人口变化—土地利用转型与乡村转型—农户、政府需求耦合转型—农业生态系统结构变化—农业生态系统形态转型”这一路径联合响应(图12)。

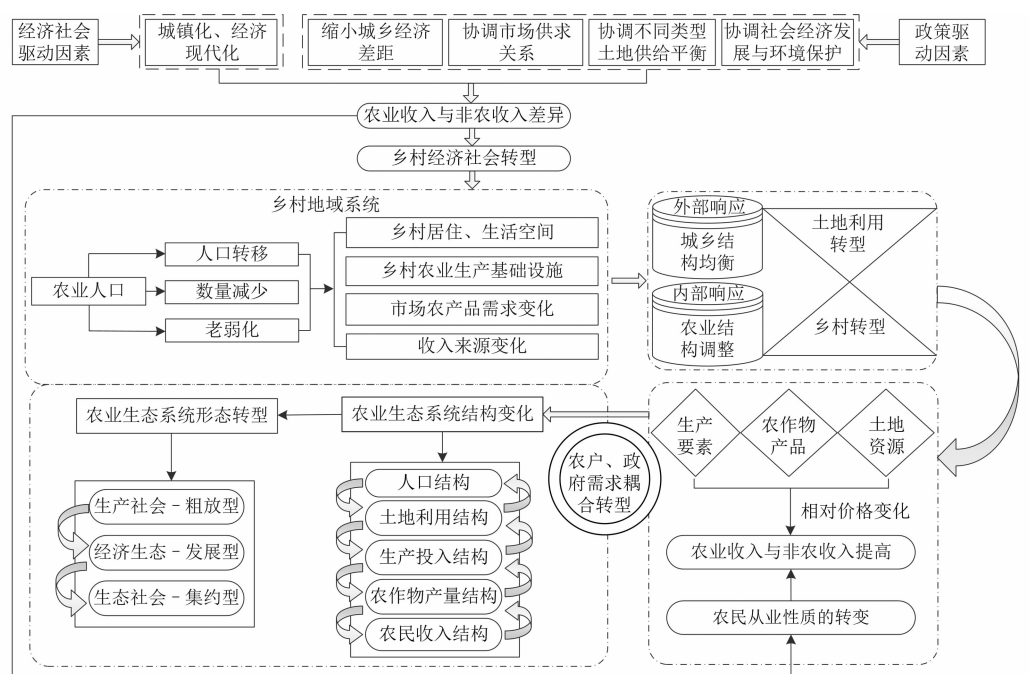


图12 农业生态系统形态转型驱动机制

Fig. 12 Driving mechanism of agroecosystem morphological transformation

4.3 研究区与其他区域农业生态系统发展差异特征

本研究表明,以三峡库区为代表的山区农业生态系统形态正经历着以生产-社会为导向的粗放型农业向以生态-社会为导向的集约型农业转变。该过程反映了随土地利用发展阶段由史前时期、疆土开垦时期到集约利用时期^[34],山区与其他区域存在着差异化的土地利用转型与景观格局转型,其农业生态系统发展特征也存在差异性和共同性(图13)。随着城市化的发展及农业现代化技术变革,冀北平原等地区由种植棉花、花生等高劳动力投入的经济作物主要转向种植便于机械化运作且收益较好的玉米和小麦,农业生产机械化水平和农产品商品化率迅速提升,农户非农化或兼业化普遍,农户生产和生活资料自给率迅速降低^[35]。这与本文总结的山区农业生态系统形态发展特征存在差异。在湖南洞庭湖平原区、关中平原、黄土高原南部丘陵沟壑区等地区,农作物种植逐渐由传统粮食种植转向果

业、蔬菜、经济作物及现代型农业^[14,36-37],该特征与本文的研究结果具有相似性。山区的自然禀赋、市场经济、行为主体、政策环境具有特殊性,土地利用与农业景观转型具有梯度性,与其他区域横向集约化转型不同。在政府和农民对不断变化的社会政治环境以及不断增长的市场需求反应下,山区农业生态系统发展特征的独特性表现为农业人口减少趋缓,农作物种植由传统粮食作物转向经济生态作物,农地利用功能由粮食生产功能转向生态保育功能,农业机械化水平增速减缓,农业环境污染降低,农户生计由以农业收入为主转为以非农收入为主、农业收入为辅。受不同地形梯度的影响,农业生态系统形态在农业劳动力、农作物种植、农业技术水平、生产要素、及农民收入等方面发生不同程度的转变,整体上山区农业生态系统转型进程相对较缓慢。

4.4 本文研究的不足

本文通过统计数据直接、客观地探究了县域

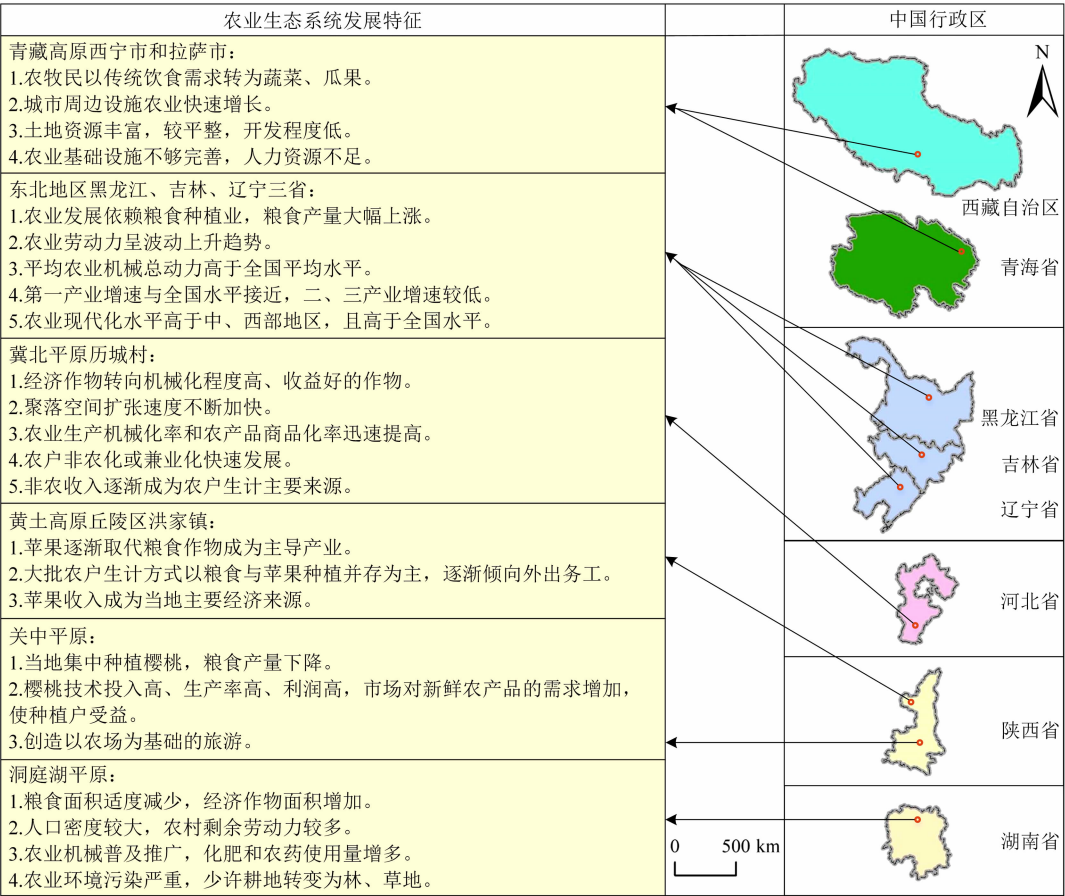


图 13 中国山区与其他区域农业生态系统发展差异特征

Fig. 13 Characteristics of agroecosystem development differences between mountainous areas and other regions in China

尺度乡村土地利用转型背景下的农业生态系统转型过程,该方法有利于揭示长时间尺度下不同地形、地貌地区农业生态系统转型路径,同时也是在土地利用转型、社会-生态系统转型等理论上^[38-39],对农业生态系统转型理论^[1]的进一步研究,结果客观地反映了研究区农业生态系统形态转型规律。本文也存在一些不足之处,例如实证研究缺乏三峡库区农业生态系统形态转型的空间特征、对农业生态系统形态转型驱动机制的探讨更侧重定性描述等。这些问题可在后续的研究中做进一步完善。

5 结论

本文构建了农业生态系统形态转型研究框架,采用实证研究的方法,从乡村经济社会转型视角,通过分析农户、政府需求耦合转型与农业生态系统结构变化特征之间的关系,揭示了三峡库区农业生态系统形态转型规律,得到以下结论:

(1)农业生态系统结构变化是农业生态系统形态转型研究的有效视角。随山区农业社会由传统农业发展过渡期向现代农业转型期演进,乡村经济社会推动农业社会发展直接作用于农业生态系统结构,其中人口结构、土地利用结构、农作物产量结构、生产投入结构、农民收入结构的变化决定着农业生态系统形态转型。

(2)自21世纪以来,基于县域尺度下的乡村经济社会和农业生态系统形态转型有两个时期。2000—2008年处于乡村经济社会初期阶段,实现了农业生态系统形态从生产社会-粗放型向经济生态-发展型转型;2009—2019年处于乡村经济社会发展阶段,实现了农业生态系统形态从经济生态-发展型向生态社会-集约型转型。

(3)农业生态系统转型驱动力主要包括经济社会和政策驱动力。对于前者,城镇化的快速发展与经济现代化促使着乡村地域系统变化是转型的源动力,农户、政府需求耦合转型是重要驱动力;对于后者,政府以缩小城乡经济差距、协调市场供求关系、协调不同类型土地供给平衡、协调经济社会发展与环境保护为最终目的,促使着农业生态系统结构发生变化。

参考文献 (References)

- [1] 梁鑫源, 李阳兵, 邵景安, 等. 三峡库区山区传统农业生态系统转型[J]. 地理学报, 2019, **74**(8): 1605 - 1621. [LIANG Xinyuan, LI Yangbing, SHAO Jing'an, et al. Traditional agroecosystem transition in mountainous area of Three Gorges Reservoir Area [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, **74**(8): 1605 - 1621] DOI: 10.11821/dlxb201908009
- [2] 王静, 张洁瑕, 段瑞娟. 区域农业生态系统研究进展[J]. 生态经济, 2015, **31**(2): 102 - 108. [WANG Jing, ZHANG Jiexia, DUAN Ruijuan. The progress of study on regional agro-ecosystem [J]. Ecological Economy, 2015, **31**(2): 102 - 108] DOI: 10.3969/j.issn.1671-4407.2015.02.022
- [3] LIU Yansui. Introduction to land use and rural sustainability in China [J]. Land Use Policy, 2018, **74**: 1 - 4. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.01.032
- [4] LIU Yansui, LI Yuheng. Revitalize the world's countryside [J]. Nature, 2017, **548**(7667): 275 - 277. DOI: 10.1038/548275a
- [5] 鲁大铭, 杨新军, 石育中, 等. 黄土高原乡村体制转换与转型发展[J]. 地理学报, 2020, **75**(2): 348 - 364. [LU Daming, YANG Xinjun, SHI Yuzhong, et al. Rural regime shifts and transformation development on the Loess Plateau [J]. Acta Geographica Sinica, 2020, **75**(2): 348 - 364] DOI: 10.11821/dlxb202002010
- [6] 程相友, 信桂新, 陈荣蓉, 等. 农地流转对农业生态系统的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, **24**(3): 335 - 344. [CHENG Xiangyou, XIN Guixin, CHEN Rongrong, et al. Impact of farmland transfer on agro-ecosystem [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, **24**(3): 335 - 344] DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.151002
- [7] VASU D, TIWARI G, SAHOO S, et al. A minimum data set of soil morphological properties for quantifying soil quality in coastal agroecosystems [J]. Catena, 2020, **198**: 105042. DOI: 10.1016/j.catena.2020.105042
- [8] 邓楚雄, 朱大美, 李忠武, 等. 湘中丘陵区农业生态系统服务价值与城镇化水平弹性关系研究[J]. 中国生态农业学报, 2021, **29**(8): 1453 - 1466. [DENG Chuxiong, ZHU Damei, LI Zhongwu, et al. Estimation of elasticity relationship between agricultural ecosystem service values and urbanization [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, **29**(8): 1453 - 1466] DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.200986
- [9] 叶延琼, 李逸勉, 章家恩. 城市化过程中广州市农业生态系统服务价值的变化[J]. 应用生态学报, 2011, **22**(6): 1523 - 1530. [YE Yanqiong, LI Yimian, ZHANG Jiaen. Changes of agroecosystem service value during urbanization of Guangzhou city, south China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, **22**(6): 1523 - 1530] DOI: 10.13287/j.1001-9332.2011.0206
- [10] 马贝, 徐哈筱, 高强. 农业生态系统脆弱性评估: 基于西北五省区的实证[J]. 统计与决策, 2020, **36**(21): 82 - 86. [MA Bei, XU Hanxiao, GAO Qiang. Assessment of agro-ecosystem vulnerability: A case study of five provinces in northwest China

- [J]. Statistics and Decision, 2020, **36**(21): 82 – 86] DOI: 10.13546/j.cnki.tjyjc.2020.21.016
- [11] GROOT, JEROEN C J, CORTEZARRIOLA, et al. Capturing agroecosystem vulnerability and resilience [J]. Sustainability, 2016, **8**(11): 1206. DOI:10.3390/su8111206
- [12] 李治兵, 沈涛, 肖怡然, 等. 西北地区农业生态和经济系统协调发展研究[J]. 中国农业资源与区划, 2020, **41**(12): 237 – 244. [LI Zhibing, SHEN Tao, XIAO Yiran, et al. Study on the coordinated development of agricultural ecology and economic in northwest China [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, **41**(12): 237 – 244] DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20201227
- [13] 陈睿. 西南地区农业生态和经济系统协调发展分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, **39**(7): 54 – 57. [CHEN Rui. Analysis of the coordinated development of agricultural ecology and economic system in southwest China [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, **39**(7): 54 – 57] DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20180708
- [14] 杨灿, 朱玉林, 李明杰. 洞庭湖平原区农业生态系统的能值分析与可持续发展[J]. 经济地理, 2014, **34**(12): 161 – 166. [YANG Can, ZHU Yulin, LI Mingjie. Economic system emergy analysis and sustainability development of agro-ecosystem of Dongting Lake district in Hunan province [J]. Economic Geography, 2014, **34**(12): 161 – 166] DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2014.12.024
- [15] 张洁瑕, 郝晋珉, 段瑞娟, 等. 黄淮海平原农业生态系统演替及其可持续性的能值评估[J]. 农业工程学报, 2008, **24**(6): 102 – 108. [ZHANG Jiexia, HAO Jinmin, DUAN Ruijuan, et al. Emergy assessment on succession and sustainability of the agro-ecosystem in Huang-Huai-Hai plain, China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, **24**(6): 102 – 108] DOI: 10.3321/j.issn:1002-6819.2008.06.020
- [16] 周松秀, 陈林林, 刘兰芳, 等. 全球变化背景下南方丘陵区农业生态系统适应性时空演变特征研究——以衡阳盆地为例[J]. 中国生态农业学报, 2017, **25**(2): 147 – 156. [ZHOU Songxiu, CHEN Linlin, LIU Lanfang, et al. Spatio-temporal evolution characteristics of agro-ecosystem adaptability response to global change in south China hilly regions: A case study of Hengyang Basin [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, **25**(2): 147 – 156] DOI:10.13930/j.cnki.cjea.160884
- [17] 刘佳, 王继军. 黄土丘陵区农业生态系统和经济系统的互动关系——以安塞县纸坊沟小流域为例[J]. 应用生态学报, 2009, **20**(6): 1401 – 1407. [LIU Jia, WANG Jijun. Interaction relations between agro-ecosystem and economic system in loess hilly region: A case study of Zhifanggou small watershed, Ansai county [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, **20**(6): 1401 – 1407] DOI:10.13287/j.1001-9332.2009.0226
- [18] 廖柳文, 龙花楼, 马恩朴. 乡村劳动力要素变动与耕地利用转型[J]. 经济地理, 2021, **41**(2): 148 – 155. [LIAO Liuwen, LONG Hualou, MA Enpu. Rural labor change and farmland use transition [J]. Economic Geography, 2021, **41**(2): 148 – 155] DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2021.02.016
- [19] 廖柳文, 高晓路, 龙花楼, 等. 基于农户利用效率的平原和山区耕地利用形态比较[J]. 地理学报, 2021, **76**(2): 471 – 486. [LIAO Liuwen, GAO Xiaolu, LONG Hualou, et al. A comparative study of farmland use morphology in plain and mountainous areas based on farmers' land use efficiency [J]. Acta Geographica Sinica, 2021, **76**(2): 471 – 486] DOI: 10.11821/dlxb202102016
- [20] 陈爽, 李阳兵, 李明珍. 镇域尺度的规模农地演变特征及其驱动机制研究——以重庆奉节县为例[J]. 山地学报, 2021, **39**(1): 101 – 116. [CHEN Shuang, LI Yangbing, LI Mingzhen. Evolution pattern and driving mechanism in farmland of scale on town level: A case study of Fengjie county in Chongqing, China [J]. Mountain Research, 2021, **39**(1): 101 – 116] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000579
- [21] 冉彩虹, 李阳兵, 梁鑫源. 三峡库区典型流域聚落变迁的土地利用效应[J]. 生态学报, 2020, **40**(12): 3879 – 3890. [RAN Caihong, LI Yangbing, LIANG Xinyuan. Effect of settlements change on land use in typical watersheds in the Three Gorges Reservoir Area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, **40**(12): 3879 – 3890] DOI: 10.5846/stxb201903210531
- [22] 梁鑫源, 李阳兵. 三峡库区规模农地时空变化特征及其驱动机制[J]. 地理学报, 2018, **73**(9): 1630 – 1646. [LIANG Xinyuan, LI Yangbing. Spatio-temporal features of scaling farmland and its corresponding driving mechanism in Three Gorges Reservoir Area [J]. Acta Geographica Sinica, 2018, **73**(9): 1630 – 1646] DOI: 10.11821/dlxb201809002
- [23] YOU Heyuan, ZHANG Xiaoling. Sustainable livelihoods and rural sustainability in China: Ecologically secure, economically efficient or socially equitable? [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2017, **120**: 1 – 13. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.12.010
- [24] LONG Hualou, ZHANG Yingnan, TU Shuangshuang. Rural vitalization in China: A perspective of land consolidation [J]. Journal of Geographical Sciences, 2019, **29**(4): 517 – 530. DOI: 10.1007/s11442-019-1599-9
- [25] 胡晓亮, 李红波, 张小林, 等. 乡村概念再认知[J]. 地理学报, 2020, **75**(2): 398 – 409. [HU Xiaoliang, LI Hongbo, ZHANG Xiaolin, et al. On the re-cognition of rural definitions [J]. Acta Geographica Sinica, 2020, **75**(2): 398 – 409] DOI: 10.11821/dlxb202002013
- [26] 龙花楼, 戈大专, 王介勇. 土地利用转型与乡村转型发展耦合研究进展及展望[J]. 地理学报, 2019, **74**(12): 2547 – 2559. [LONG Hualou, GE Dazhuan, WANG Jieyong. Progress and prospects of the coupling research on land use transitions and rural transformation development [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, **74**(12): 2547 – 2559] DOI: 10.11821/dlxb201912009

- [27] 曹智, 李裕瑞, 陈玉福. 城乡融合背景下乡村转型与可持续发展路径探析[J]. 地理学报, 2019, **74**(12): 2560–2571. [CAO Zhi, LI Yurui, CHEN Yufu. Approaches to rural transformation and sustainable development in the context of urban-rural integration [J]. Acta Geographica Sinica. 2019, **74**(12): 2560–2571] DOI: 10.11821/dlxb201912010
- [28] 宋小青, 李心怡. 区域耕地利用功能转型的理论解释与实证[J]. 地理学报, 2019, **74**(5): 992–1010. [SONG Xiaoqing, LI Xinyi. Theoretical explanation and case study of regional cultivated land use function transition [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, **74**(5): 992–1010] DOI: 10.11821/dlxb201905012
- [29] CAO Zhi, LIU Yansui, LI Yurui. Rural transition in the loess hilly and gully region: From the perspective of “flowing” cropland. Journal of Rural Studies, 2019, **93**: 326–335. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2019.04.003
- [30] LIANG Xinyuan, LI Yangbing, ZHOU Yalin. Study on the abandonment of sloping farmland in Fengjie county, Three Gorges Reservoir Area, a mountainous area in China [J]. Land Use Policy, 2020, **97**: 104760. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104760
- [31] 徐燕, 徐茜, 余鸿燕, 等. 万州区农药经营与使用现状分析及对策[J]. 安徽农业科学, 2007, **35**(12): 3695–3696. [XU Yan, XU Qian, YU Hongyan, et al. Analysis and countermeasure of pesticide management and use in Wanzhou district [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, **35**(12): 3695–3696] DOI: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2007.12.128
- [32] 张志明, 孙长青, 欧晓昆. 退耕还林政策对山地植被空间格局变化的驱动分析[J]. 山地学报, 2009, **27**(5): 513–523. [ZHANG Zhiming, SUN Changqing, OU Xiaokun. Mountain vegetation spatial pattern changes affected by Slope Land Conservation Program(SLCP)[J]. Mountain Research, 2009, **27**(5): 513–523] DOI: 10.3969/j.issn.1008-2786.2009.05.001
- [33] 宋小青, 欧阳竹, 柏林川. 中国耕地资源开发强度及其演化阶段[J]. 地理科学, 2013, **33**(2): 135–142. [SONG Xiaoqing, OUYANG Zhu, BAI Linchuan. Evaluation and evolution of exploitative intensity of cultivated land resources in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, **33**(2): 135–142] DOI: 10.13249/j.cnki.sgs.2013.02.004
- [34] FOLEY J A, DEFRIES R, ASNER G P, et al. Global consequences of land use [J]. Science, 2005, **309**(5734): 570–574. DOI:10.1126/science.1111772
- [35] 李智, 刘劲松. 冀南平原典型农业村落转型特征及成长机制[J]. 地理学报, 2021, **76**(4): 939–954. [LI Zhi, LIU Jingsong. Transformation characteristics and development mechanism of typical agricultural settlement in southern Hebei Plain since reform and opening-up [J]. Acta Geographica Sinica, 2021, **76**(4): 939–954] DOI: 10.11821/dlxb202104011
- [36] ROBINSON G M, SONG Bingjie. Rural transformation: Cherry growing on the Guanzhong plain, China and the Adelaide hills, south Australia [J]. Journal of Geographical Sciences, 2019, **29**(5): 675–701. DOI: 10.1007/s11442-019-1621-2
- [37] 王子侨, 石翠萍, 蒋维, 等. 社会—生态系统体制转换视角下的黄土高原乡村转型发展——以长武县洪家镇为例[J]. 地理研究, 2016, **35**(8): 1510–1524. [WANG Ziqiao, SHI Cuiping, JIANG Wei, et al. Rural transformation from the perspective of regime shifts of socio-ecological systems in the Loess Plateau: A case study of Hongjia town in Changwu county, China [J]. Geographical Research, 2016, **35**(8): 1510–1524] DOI: 10.11821/dlyj201608009
- [38] LONG Hualou, QU Yi, TU Shuangshuang, et al. Development of land use transitions research in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2020, **30**(7): 1195–1214. DOI: 10.1007/s11442-020-1777-9
- [39] WU Xutong, WEI Yongping, FU Bojie, et al. Evolution and effects of the social-ecological system over a millennium in China's Loess Plateau [J]. Science Advances, 2020, **6**(41): eabc0276. DOI: 10.1126/sciadv.abc0276

On the Conversion of Agroecosystem in Mountainous Areas: A Case Study of the Three Gorges Reservoir Area, China

ZENG Chencen¹, LI Yangbing^{1,2*}, HUANG Mengqin¹, CHEN Shuang¹,
TANG Jinjing¹, TANG Lei¹

(1. School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China;

2. Key Laboratory of Earth Surface Processes and Environmental Remote Sensing in Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 401331, China)

Abstract: In the circumstance of rural revitalization campaign in China, for upgrading of rural economy it is quite

necessary to characterize the changes in the elements of a developing agroecosystem, and describe its progress in phases, which is great significance in governing healthy mountain economy in mountainous regions of China. Although much research had been conducted relative to agroecosystem, there was hardly investigation into the mechanism of agroecosystem conversion, which should introduce a proper approach to an inclusive description of transformation path, and distinguish the phases of a conversion for each element in the agroecosystem from a perspective of rural economic and social development. Taking the Three Gorges Reservoir Area as an example, this study introduced a framework of agroecosystem morphological transformation (AMT), and used empirical research methods to explore AMT's evolution law and dynamic mechanism of the area from the perspective of rural labor changes. Results show that: (1) With the change of the rural economy and society from the initial stage to the development stage in the mountainous area, the demand of farmers and the government experienced a coupling transition, resulting in the structural changes of population, land use, crop yield, production input, and farmers' income, which further determined AMT. (2) There was periodic evolution within the agroecosystem internal structure. Agroecosystem morphology transformed from productive social-extensive type to economic ecological-development type in 2000 to 2008, followed by the transformation from economic ecological-development type to ecological social-intensive type in 2009 to 2019. (3) Driven by economy, society, and policy, AMT formed a multi-process, multi-stage joint response trajectory, which was represented by "urbanization development and policy response, agricultural income and non-agricultural income disparities, rural economic and social transformation, agricultural population change, land use transformation and rural transformation, coupling transformation of farmers and government demand, agroecosystem structural change, agroecosystem morphology transformation". The results can provide new perspectives for studying agricultural restructuring, agricultural development mode selection, and agroecosystem transformation patterns in mountainous areas.

Key words: agroecosystem; structure; morphological transformation; rural economic and social transformation; the Three Gorges Reservoir Area