

DOI: 10.5846/stxb202006181596

郑博福, 谢泽阳, 陶林, 黄琼瑶, 艾彪, 朱元皓, 朱锦奇. 赣南地区农业生态经济系统耦合态势的时空演变. 生态学报, 2021, 41(16): 6466-6475.

Zheng B F, Xie Z Y, Tao L, Huang Q Y, Ai B, Zhu Y H, Zhu J Q. Temporal and spatial evolution analysis of the coupling situation of agricultural eco-economic system in Gannan region. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(16): 6466-6475.

赣南地区农业生态经济系统耦合态势的时空演变

郑博福^{1,2}, 谢泽阳^{1,2}, 陶林³, 黄琼瑶^{1,2}, 艾彪^{1,2}, 朱元皓^{1,2}, 朱锦奇^{1,2,*}

1 南昌大学资源环境与化工学院, 鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 南昌 330031

2 江西生态文明研究院, 南昌 330031

3 江西省吉安生态环境监测中心, 吉安 343000

摘要: 赣南地区地处南方丘陵山地区域, 是重要的生态功能区, 其农业经济发展与生态功能保护的关系备受关注。促进农业生态经济系统的耦合协调发展, 是赣南地区可持续发展的重要内容。利用 2000—2015 年赣州市各县(市)统计年鉴数据及遥感数据, 构建了基于耦合协调度模型的区域农业生态经济系统的评价指标体系, 开展时间和空间尺度上的农业生态经济系统的耦合协调发展研究。结果表明: (1) 在时间尺度上, 农业生态系统变化不大, 在空间尺度上县(市)之间因自然条件的不同略有差异; 农业经济综合评价在 2000—2015 年之间有较大的增长, 且不同县(市)间存在差异, 农业经济系统的相对滞后是限制农业生态经济系统不能协同发展的原因。(2) 耦合度和耦合协调度随时间而增长, 大部分县(市)的耦合度经历了从中度耦合、高度耦合、再到极度耦合的过程, 其中极度耦合的占比从 2000 年的 0% 提升到 2015 年的 94%; 耦合协调度从基本、中度协调耦合到中度、高度协调耦合, 且都呈现以赣县、于都县、兴国县为主的中部较低, 而南北部较高的态势。(3) 2010 年前, 大部分县(市)的农业生态经济系统发展类型长期处于农业经济极度滞后状态, 随后逐步向农业经济严重滞后过渡。农业生态经济系统耦合态势的分析有助于明晰当地的农业生态经济系统的发展、演变规律, 促进农业系统的协调发展。

关键词: 赣南地区; 耦合协调度模型; 农业经济系统; 农业生态系统; GIS

Temporal and spatial evolution analysis of the coupling situation of agricultural eco-economic system in Gannan region

ZHENG Bofu^{1,2}, XIE Zeyang^{1,2}, TAO Lin³, HUANG Qiongyao^{1,2}, AI Biao^{1,2}, ZHU Yuanhao^{1,2}, ZHU Jinqi^{1,2,*}

1 School of Resources Environment & Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China

2 Jiangxi Institute Of Ecological Civilization, Nanchang 330031, China

3 Ecological Environmental Monitoring Center of Ji'an Jiangxi Province, Ji'an 343000, China

Abstract: Gannan region, located in a typical hilly and mountainous area, is the state for the construction of ecological environment focused on one area. To balance the development of agricultural economic and ecological function protection, and pursues comprehensive and sustainable development, the multiple relationship between them was investigated in this paper. We proposed an agri-ecological economic index system (based on the coupling coordination degree model) to analysis coordinated development in gannan region. All the data was from 2000—2015 statistical yearbook and satellite remote sensing. The results show that: (1) the agri-ecosystem show a slightly differ between different spatial (natural conditions) except times. From 2000 to 2015, the comprehensive evaluation value of agricultural economy growth a lot with a certain spatial variation. (2) Coupling degree and coupling coordination degree increased with time, e.g. the proportion of extreme coupling increased from 0% (2000) to 94% (2015). Most counties (cities) was moderate coupling initial and

基金项目: 科技部重点研发计划课题(2017YFC0505601); 国家自然科学基金项目(71663039)

收稿日期: 2020-06-18; 网络出版日期: 2021-05-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhujq@ncu.edu.cn

growths to extreme coupling in 2015. Besides, coupling coordination degree was changed from moderate to high coupling coordination degree. In addition, a low-lying region is exhibited in middle of the study area (e.g. Yudu County, Xingguo County), and high-lying region is in northern. (3) Before 2010, most counties (cities) was in an extreme lag agricultural economy condition for a long period, meanwhile, transferring smoothly to a serious lag agricultural economy condition. The analysis of the coupling situation of agri-ecological economic system could expand our acknowledge of the development condition, evolution law of agri-ecological economic system, and promote the coordinated development of agricultural system in regions.

Key Words: gannan region, coupling coordination degree model, agricultural economic system, agro-eco system, GIS

系统耦合广泛存在于农业系统,农业生态经济系统优化耦合是解决农业经济系统与农业生态系统相悖态势,使区域农业更加协调发展、高效利用的重要方法^[1-3];研究耦合的过程有助于弄清农业生态经济系统的耦合过程和演变规律,实现农业产业与资源相一致,对建立持续、高效的农业生态经济系统有重要的现实意义^[4-5]。很多专家学者在研究生态环境与经济关系的基础上^[6-7]展开了经济与生态环境耦合协调发展的研究^[8-14],为经济的持续、高效发展提供了基础理论。耦合协调模型作为一种用于各种系统的协调发展分析的方法,在生态-经济的耦合分析中广泛使用^[15-17],相比于结构式方程等方法,这一模型能够更好的基于动态数据建模,采用耦合度、耦合协调度对系统内的各自指标彼此之间的耦合程度进行量化计算,反映了系统的协同程度及发展水平的相对高低^[18-20],能够直观的、定量的揭示农业生态系统和农业经济系统的互动情况。

赣南地区占江西总面积的 23%,截至 2018 年,有超过 980 万人口。赣南地区位于我国南方丘陵山地生态脆弱区和南岭山地森林及生物多样性生态功能区,是赣江、东江、北江的源头区,是整个鄱阳湖流域生态系统赖以存续的基础^[21],承担着东莞、惠州、深圳和香港 70%的淡水需求^[22],对赣江流域和珠江流域主体功能的发挥有至关重要的作用;同时也是东南沿海地区向中部内地延伸的过渡地带,是内地通向东南沿海的重要通道,是粤港澳大湾区重的要生态屏障^[23],生态区位十分重要。赣南地区地处丘陵地区,地貌以丘陵、山地为主,占赣南地区总面积的 80.98%,地形起伏度较大,加之又位于水力侵蚀区中的南方红壤丘陵区,土壤侵蚀占总面积的 19.86%,致使耕地资源匮乏,人地矛盾较为严重。赣州市依据当地实际情况,大力发展以脐橙、茶叶、油茶等山地经济作物为主的农业产业,在 2000—2015 年之间,脐橙种植面积从 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 增长到 $8 \times 10^4 \text{ hm}^2$,茶叶种植面积从 $6 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 增长到 $1.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$,农业经济在这 15 年间有显著的增长,农村居民人均农业总产值提升三倍左右,以林果业为特色的赣州市农业产业的发展给区域的生态环境带来了一定的压力^[24-25],赣南地区资源环境承载力状况总体已接近临界饱和状态^[26]。赣南地区作为多样性生态功能区、水源涵养区以及生态屏障,生态环境恶化产生的影响不仅局限于赣南地区,与整个鄱阳湖流域、东南沿海等地区乃至长江流域周边区域的生态环境稳定 and 经济发展都密切相关^[27];另一方面,赣南地区有多个贫困县,且较周围其他城市经济落后,该区域经济发展需求非常迫切,因此,寻求生态环境稳定的经济发展模式极为重要。

本文利用耦合协调模型和遥感处理,研究赣南地区的农业生态经济系统耦合态势。首先对 2000—2015 年的动态数据进行建模,量化赣南地区农业生态系统与农业经济系统发展的协同程度及各系统发展水平的相对高低;其次对影响区域生态系统的农业经济系统及对承载农业活动的农业生态系统的指标之间的耦合程度进行计算;最终探索赣州市各县(市)不同的情境下两系统的相互影响、发展方式。分析了农业经济系统、农业生态系统的时空变化,为进一步开展丘陵地区生态空间格局优化、农业产业优化和当地政府科学决策、寻求生态、经济等各方利益最优解打下基础。

1 研究区域概述

赣南地区位于江西省南部、赣江上游,北纬 $24^{\circ}29'$ — $27^{\circ}09'$ 、东经 $113^{\circ}54'$ — $116^{\circ}38'$,地处中亚热带南缘,属亚热带丘陵山区湿润季风气候。赣南地区主要由赣州市所辖有的章贡区、南康市、瑞金市等 18 个县(市、

区)组成,土地总面积 $3.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。由于章贡区为城区,农业经济占该区经济总量比重很小,本文选取除章贡区以外的赣州市其余 17 个县(市)为研究区域(图 1)。

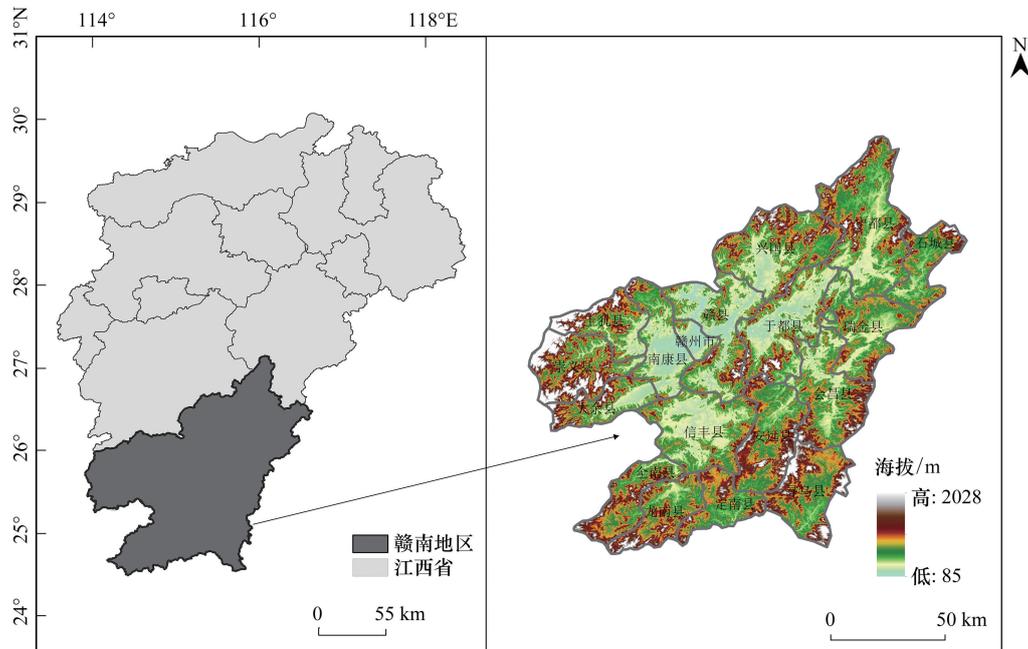


图 1 研究区

Fig.1 Study area

2 数据来源和处理方法

2.1 耦合协调

耦合协调度模型^[28]计算方法如下:

$$C = [(F \times G) / [(F + G) / 2]^2]^{(1/k)} \quad (1)$$

$$T = \alpha F + \beta G \quad (2)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (3)$$

式中, C 为耦合度; F 为农业生态综合指数; G 为农业经济综合指数; k 为子系统的个数,由于含农业经济、农业生态两个子系统,故 $k=2$; T 为农业生态经济系统综合评价指数; α 、 β 为权数,赣南地区生态环境压力较大、生态脆弱性大^[29-30],农业活动可能对生态产生较大的影响,根据当地的生态特点,取 $\alpha=0.6$ 、 $\beta=0.4$; D 为耦合协调度。

2.2 指标体系

2.2.1 指标体系的构建

根据赣南地区的自然地理、社会经济发展特征,以能够体现当地农业生态、经济发展水平为目的,参考相关文献,从生态环境、生态压力、产业发展、产业效益等 4 个方面,在可获取的数据中选取参与农业生态经济系统耦合的指标,去除冗杂、不适合的指标后,构建农业生态经济系统的评价指标体系^[31-36]。具体如表 1 所示。

2.2.2 指标权重的确定

将指标体系进行无量纲化处理:

$$Y_{ij} = \frac{(X_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} \{X_{ij}\})}{\max_{1 \leq i \leq n} \{X_{ij}\} - \min_{1 \leq i \leq n} \{X_{ij}\}} \quad (4)$$

表 1 农业生态系统及农业经济系统指标体系

Table 1 Index system of agri-ecosystem and agri-economic system

指标系统 System	一级指标 1 st level indexs	二级指标 2 nd level indexs	指标属性 Index type	权重 Weight
农业生态系统 Agricultural ecology system	生态条件	植被覆盖率	+	0.124
		地形起伏度	-	0.109
		地形位指数	-	0.150
		有效灌溉面积占比	+	0.061
		年降雨量	-	0.150
	生态压力	人口密度/(人/km ²)	-	0.068
		耕地面积比重	-	0.054
		脐橙面积比重	-	0.036
		茶园当年采摘面积比重	-	0.019
		水产养殖面积比重	-	0.034
		单位面积农用化肥施用量/kg	-	0.062
		单位面积农药使用量/kg	-	0.015
		农用薄膜使用率/%	-	0.029
		畜禽留栏量/只	-	0.089
农业经济系统 Agricultural economic system	产业发展	农村居民人均粮食产量/kg	+	0.013
		农村居民人均脐橙产量/kg	+	0.082
		农村居民人均茶叶产量/(kg/人)	+	0.236
		农村居民人均水产品产量/t		0.014
		农村居民人均肉类产量/t	+	0.036
		农村居民人均蛋类产量/t	+	0.036
	产业效益	农村居民人均可支配收入/元	+	0.040
		农村居民人均农林牧副渔产业增加值/元	+	0.021
		农村居民人均农业总产值/元	+	0.035
		农村居民人均农业商品总产值/元	+	0.053
		单位面积耕地收益/(万元/km ²)	+	0.013
		单位面积脐橙产量/(t/km ²)	+	0.036
		单位面积茶叶产量/(t/km ²)	+	0.022

$$Y_{ij} = \frac{(\max_{1 \leq i \leq n} \{X_{ij}\} - X_{ij})}{\max_{1 \leq i \leq n} \{X_{ij}\} - \min_{1 \leq i \leq n} \{X_{ij}\}} \quad (5)$$

式中, X_{ij} 为 j 项指标下第 i 个指标值, Y_{ij} 是归一化后的指标值。其中正向指标用(4)式, 负向指标用(5)式。

指标的权重方法按照熵值法^[37]计算, 计算方法如下:

$$p_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij} \quad (6)$$

$$e_j = - (1/\ln m) \sum p_{ij} \ln p_{ij} \quad (7)$$

当 $P_{ij}=0$ 时, 重新定义为: $P_{ij} \ln p_{ij} = 0$

$$g_j = 1 - e_j \quad (8)$$

$$a_j = g_j / n - \sum g_j \quad (9)$$

式中, p_{ij} 为第 j 项指标下第 i 个指标值的比重, 以便能够将各指标同度量化; e_j 为第 j 项指标的熵值, m 为指标值总数; g_j 为第 j 项指标的差异性系数; a_j 为第 j 项权重。

2.2.3 农业生态系统和农业经济系统耦合发展程度分类方法

农业生态系统和农业经济系统耦合发展程度, 按照表 2 的耦合协调标准划分为不同的耦合、耦合协调发

展程度及协调发展程度。

表 2 耦合协调标准判定

Table 2 Determination of coupling coordination standard

耦合度 C Coupling degree	耦合阶段 Coupling phase	协调度 D Coordination degree	协调发展类型 Coordination phase	F 和 G 对比关系及基本类型 Comparison relation and basic types of F and G	
$0 < C \leq 0.1$	极不耦合	$0 < D \leq 0.1$	极不协调耦合	$F < G$	$F > G$
$0.1 < C \leq 0.3$	低度耦合	$0.1 < D \leq 0.3$	低度协调耦合	$F/G \geq 0.8$, 农业生态	$G/F \geq 0.8$, 农业经济系
$0.3 < C \leq 0.5$	中度耦合	$0.3 < D \leq 0.5$	中度协调耦合	系统比较滞后; $0.8 >$	统比较滞后; $0.8 > G/F$
$0.5 < C \leq 0.7$	基本耦合	$0.5 < D \leq 0.7$	基本协调耦合	$F/G \geq 0.5$, 农业生态	≥ 0.5 , 农业经济系统严
$0.7 < C \leq 0.9$	高度耦合	$0.7 < D \leq 0.9$	高度协调耦合	系统严重滞后; $0.5 >$	重滞后; $0.5 > G/F \geq 0$;
$0.9 < C \leq 1.0$	极度耦合	$0.9 < D \leq 1.0$	极度协调耦合	$F/G \geq 0$, 农业生态	农业经济系统极度
				系统极度滞后	滞后

F : 农业生态综合指数 Comprehensive index of agro-ecosystem; G : 农业经济综合指数 Comprehensive index of agro-economical system

2.3 数据来源及相关计算

本文中所需的数据来自两部分,一部分自 2000—2015 年赣州市及各所属县的统计年鉴摘得或者经简单计算得到,另一部分相关遥感数据的来源及处理方法见表 3。

表 3 数据来源及处理方法

Table 3 Data sources and processing methods

指标 Indexs	数据来源 Data source	处理方法 Processing method
植被覆盖率 Vegetation coverage	中国年度植被指数(NDVI)空间分布数据集	提取各县(市)的平均值。
年平均降雨量 Mean annual rainfall	中国气象网《中国地面气候资料年值数据集》	计算各站点的年平均降雨量后,经过反距离插值得到各县市的年平均降雨量
地形起伏度 ^[38] Relief of topography	地理空间数据云 DEM 数据	利用 ARCMAP 计算一范围内的海拔高度差。
地形位指数 ^[39] Topographic potential index	地理空间数据云 DEM 数据	提取坡度和海拔,经过公式①计算

①地形位指数计算公式: $T = \ln [(E/E_0 + 1) \times (S/S_0 + 1)]$; 其中 T 为地形位指数, E 为某地的海拔, E_0 为平均海拔, S 为某点的坡度, S_0 为平均坡度。

3 结果

3.1 农业生态系统时空变化

赣南地区各县(市)2000—2015 年的农业生态综合指数值及其增长率如图 2 所示,赣州市各县(市)的农业生态系统随着时间的发展变化小,增长率为 0 ± 0.1 (\pm 标准差);2000—2015 年生态条件和生态压力与 F 值的相关性指数分别为:0.797、0.849、0.796、0.704 以及 0.206、0.083、-0.005、0.214,生态条件相较于生态压力对 F 值的影响更大。生态条件的值大多随着时间逐步增加,生态压力则相反,两者分别从 2000 年的 0.25 ± 0.1 、 0.3 ± 0.1 变化到 2015 年的 0.35 ± 0.15 、 0.2 ± 0.1 。由生态条件减去生态压力的值从 2000 年的 0 ± 0.3 增加到 2015 年的 0.1 ± 0.3 ,这一值在 2015 年仅有崇义县和上犹县为负值,分别为: -0.03 和 -2.7,信丰县和南康县值则最大,都为 0.4。从空间布局上来看,降雨量、地形位指数、地形起伏度与 F 值负相关性。其中在降雨量较高、地形位指数较大、地形起伏度大的宁都县、于都县、崇义县、上犹县等的 F 值较小。总体上,农业生态经济系统的分布与生态条件的关系更为密切,当地的自然条件对农业生态系统的限制作用十分明显,但部分县(市)的生态压力值逐年减小,人为活动带来的生态压力在逐渐增加。

3.2 农业经济系统时空变化

赣州市不同县市 2000—2015 年的农业经济系统综合指数及其增长率如下图 2,农业经济综合评价与

生态系统相反,各縣市都有較大的增長,增長率在 0 — 1.6 之間,2000—2015 年,增長最快的為瑞金市、尋烏縣、于都縣三地,2015 年的 G 值分別為 2000 年的 651.5%、616.8% 和 491.7%,其中瑞金市、于都縣因 G 值較小,故增長速度較快。 G 值增長最多的為尋烏縣、安遠縣、龍南縣,分別增加了 0.62、0.36、0.56,而于都縣和瑞金市僅增長了 0.20 及 0.26。

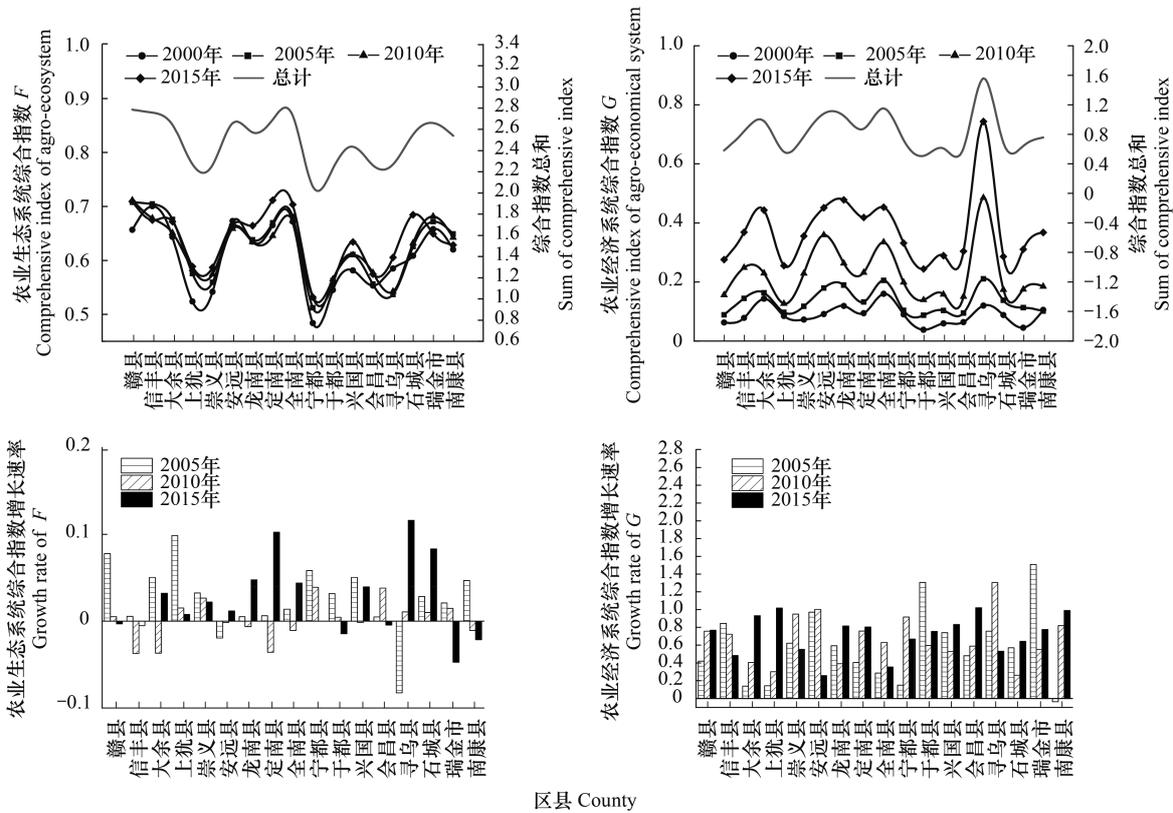


图2 综合指数及其增长率
Fig.2 Composite index and its growth rate

3.3 耦合协调分析

赣南地区 2000—2015 年农业生态经济系统的耦合度、耦合协调度以及耦合类型如下图 4 所示:

3.3.1 耦合度分析

从整体的耦合程度来看,不同县(市)耦合程度均有提高。随着年份的增加,耦合度水平不断提高,中度耦合占比在 2005 年降至 0%,基本耦合占比在 2010 年降至 0%,高度耦合呈现出先增加后下降的状态,截至 2015 年仅有赣县处于高度耦合,耦合度为 0.89。赣南地区在 2000—2015 年耦合度的提升说明了该区域农业生态系统和农业经济系统的关系趋于耦合,一方面是农业生产活动使得滞后的农业经济系统有了较快的发展,另一方面是农业生态系统能够容纳农业经济发展带来的影响,两个系统相互作用,协调发展。不同县(市)的耦合状态也不同,寻乌县耦合程度最高,为 0.99,赣县耦合协调度最低,为 0.89。从整体和时间变化来看,耦合程度较高、耦合发展较快的区域聚集在赣南地区南部及东南部,耦合程度较低的区域集中在赣县、于都县等赣南中部地区。

3.3.2 耦合协调度分析

从整体的耦合程度来看,各县(市)耦合协调度的发展与耦合度的发展基本呈现相似的时间变化规律,耦合协调度 2000 年为 0.5 ± 0.1 ,赣南地区处于中度、基本协调耦合阶段,2015 年为 0.7 ± 0.1 ,处于高度、中度协调耦合阶段。综合图 3 和图 4 分析:寻乌县、全南县、龙南县的耦合协调度最高,分别为 0.81、0.77、0.76,处于

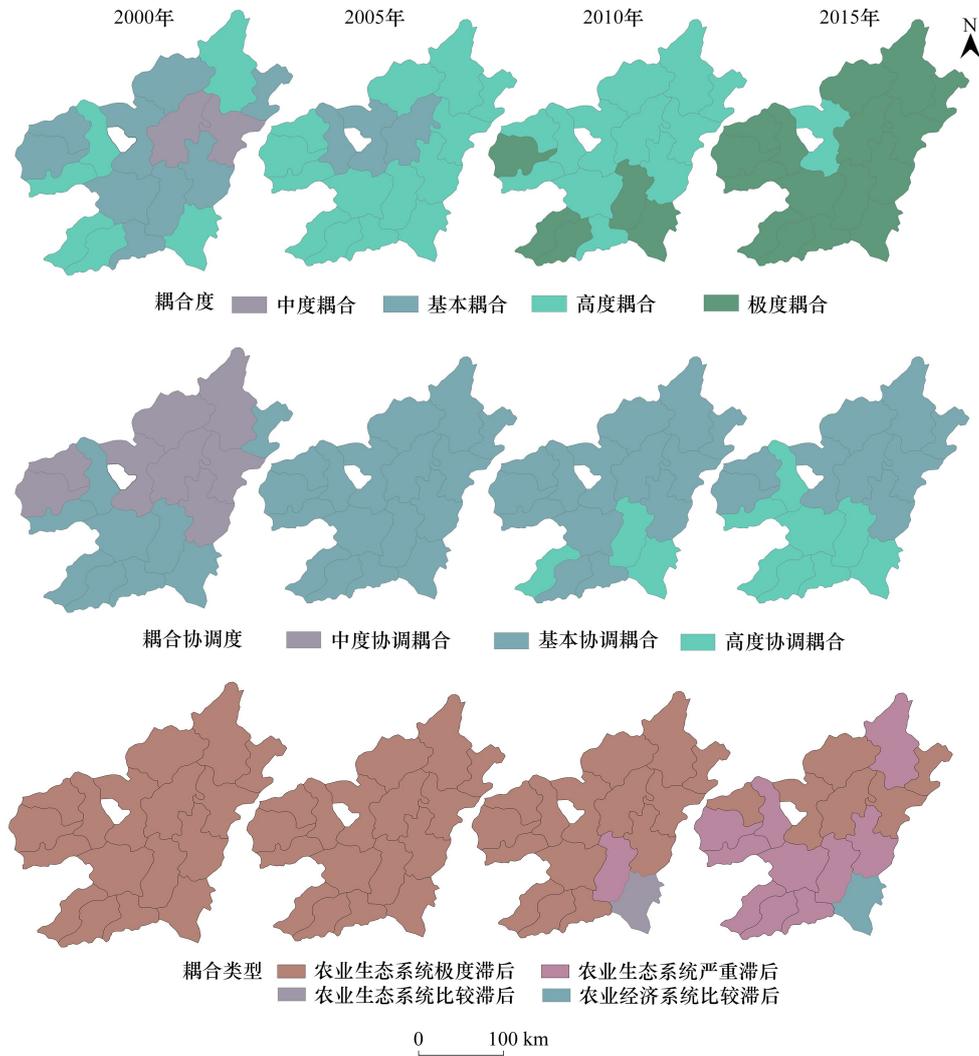


图3 赣南地区 200—2015 年各耦合协调指标分类结果

Fig.3 Classification results of coupling and coordination indicators of Gannan region in 2005—2015

高度协调耦合;宁都县、上犹县、于都县的耦合协调程度最低,分别为 0.66、0.64、0.63,处于基本协调耦合。以 2015 年数据来看,耦合协调度比耦合度大约低 0.2 左右,反映了当地农业生态经济系统发展水平较低,农业经济系统较农业生态系统发展滞后,导致两者协调发展水平低。相比于农业生态系统,耦合协调度的提高与农业经济的发展提升更为密切,耦合协调度与各二级指标的相关性中,与农业经济系统指标相关性更高,大多在 0.8 ± 0.1 之间。耦合协调度的空间分布特征也说明了这一现象,位于赣南地区南部的寻乌、全南、龙南、定南等农业经济发展较好的县的耦合协调度发展较快,而于都、上犹、宁都为主的农业产业规模较小,产业发展水平较低的赣南地区中、北部地区的耦合协调水平发展较为缓慢,发展程度较低。

3.3.3 农业生态经济系统发展类型

计算 G/F 得到表 4,从表 4 及图 3 来看,赣南地区农业生态经济耦合类型在 2010 年以前整体均值为 0.2,处于农业经济极度滞后阶段;经过发展,在 2010 年寻乌、安远、全南等县的 G/F 值分别为 0.89、0.54、0.53,赣南地区的耦合类型开始转向农业经济严重滞后和比较滞后这一阶段,大多数县(市)处于转变的临界值;在 2015 年,寻乌县的 G/F 值为 1.23,已由农业经济滞后转向农业生态滞后,处于农业生态系统比较滞后阶段,兴国县、赣县、于都县、瑞金市、石城县仍处于农业经济极度滞后,其它县仍处在农业经济系统严重滞后阶段。由发展类型来看,经济滞后是限制农业经济系统协调发展的重要原因。

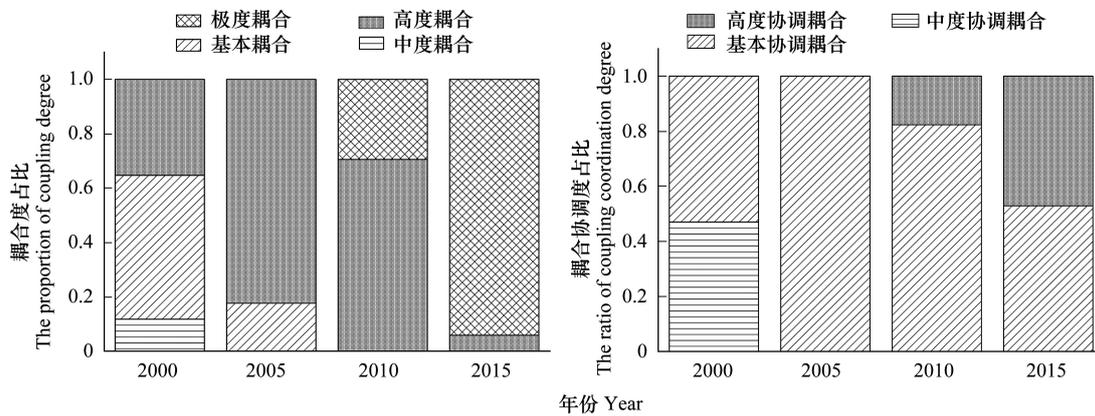


图 4 2000—2015 年不同耦合程度、协调程度占比

Fig.4 Proportion of different coupling degree and coordination degree in 2000—2015

表 4 农业生态经济系统发展类型

Table 4 Development type of agricultural eco economic system

区县 County	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	区县 County	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
赣县	0.1	0.13	0.22	0.39	宁都县	0.19	0.2	0.37	0.62
信丰县	0.11	0.2	0.37	0.55	于都县	0.07	0.15	0.25	0.44
大余县	0.22	0.24	0.35	0.66	兴国县	0.1	0.17	0.26	0.46
上犹县	0.16	0.17	0.22	0.43	会昌县	0.12	0.17	0.26	0.53
崇义县	0.13	0.21	0.4	0.61	寻乌县	0.2	0.39	0.89	1.23
安远县	0.14	0.27	0.54	0.68	石城县	0.14	0.22	0.28	0.42
龙南县	0.19	0.3	0.42	0.72	瑞金县	0.07	0.17	0.26	0.48
定南县	0.14	0.2	0.36	0.59	南康县	0.17	0.16	0.29	0.58
全南县	0.24	0.3	0.5	0.64					

4 讨论与结论

4.1 讨论

(1)通过计算 2000—2015 年赣南地区农业生态经济系统的综合评价价值以及耦合度、耦合协调度、发展类型可知,赣南地区的农业生态系统随着时间变化不大,且各县(市)之间差异较小;各县(市)的农业经济综合评价价值都有较大的增长,农业经济系统的空间分布基本与李亚国^[40]、郭荣芳^[41]等人研究一致。2010 年以前大部分县市的农业经济发展长期处于极度滞后状态,经过发展,大多数县市在 2005 年至 2010 年逐步向农业经济严重滞后过渡;耦合度和耦合协调度随时间都有一定的增长,2015 年除赣县外均处于高度耦合外,其他的县(市)已达到极度耦合。各县(市)都朝着高耦合度、耦合协调度的方向发展,且都呈现以赣南地区中部较低,南北部较高的空间布局。

(2)与张红军等人^[42]研究的安徽省相比,赣南地区由于其地形破碎、耕地资源少、山地多等地理条件的限制,农业经济发展处在较低的水平,这使得大多数县(市)的农业生态经济系统的耦合协调度低,处于农业经济严重滞后这一阶段。2000—2015 年赣南地区农业经济系统的增长主要来自两部分:一方面是脐橙产业的快速发展,2000—2005 年脐橙面积从 $2 \times 10^4 \text{hm}^2$ 增长到 $8 \times 10^4 \text{hm}^2$,信丰县、瑞金市、安远县三地的农村居民人均脐橙产量涨幅最大,15 年间约增长 10 倍;另一方面,农村居民人均农业商品总产值增长也给农业经济的发展带来了提升,15 年间增长了约 10 倍,其中崇义县、寻乌县、兴国县三地的分别增长了 18.3、17.2、16.9 倍。寻乌县在 2015 年由经济滞后转向生态滞后,是赣南地区首个实现农业经济超过农业生态的县。截止 2015 年,

寻乌县柑橘类作物面积大约 $2.5 \times 10^4 \text{hm}^2$ 左右,是赣南地区种植面积比重最大的县,这种农业经济发展模式能够较好的克服当地山多地少,土地不平整的自然特点,促进了当地农业经济的高效发展。赣南地区将粮食、蔬菜、果业作为当地的农业重点产业的决策是合乎当地的实际情况的,尤其是脐橙这种山地经济作物的大面积种植更是极大地促进了当地农业经济的发展。整体而言,赣南地区经过几年的特色农业产业发展,农业经济已经有了明显的发展,但赣南地区大部分县(市)仍处于农业生态经济系统极度耦合、高度耦合协调、农业经济系统严重滞后的阶段。

(3) 赣南地区 2015 年的农村居民人均可支配收入仅为全国的 65% 左右,但增长速度自 2013 年以来均为全省第一,为 12.1%,相比于全国的 8.9%,赣州市仍处于农业经济发展速度快但体量较小的阶段。在这一阶段农业经济系统虽然发展较快,G 值基本维持稳定,15 年间 G 值各县(市)的变化率为 -3%—12%,均值为 5%,结合其他学者^[43-48]在这一段时间内做的研究相比,G 值的变化在多呈现倒 U 形的发展状态,G 的变化较大的约在 30% 左右,较大的约为 0.5%。总之,赣南地区的农业经济活动对于生态环境的影响是有限的;但农业生态压力仍在不断的减小,人为影响在逐步增大,再加之农业污染有一定滞后性的,随着农业产业的发展,农业污染的总量和效果会逐步增加。赣州市的农业生态系统和农业经济系统依托于当地高森林覆盖率,两者与森林覆盖率均成较强的正相关,分别为 0.78 和 0.79,两个系统要协调发展,要警惕发展林果业等农业经济活动带来的森林面积、质量的退化。

4.2 结论

(1) 农业经济系统相对农业生态系统的滞后发展是限制农业生态经济系统耦合协调发展的原因。随着农业经济进一步提升,耦合度和耦合协调度增加,农业生态系统会在一定的范围波动,但当农业经济发展到一定的程度时,人类活动对环境的影响增大时,可能会对农业生态系统产生较大的改变,使两系统脱耦。

(2) 寻乌等县依靠当地的资源优势,逐步克服自然条件的限制,转变了赣南地区普遍地农业经济滞后发展的情况,使当地农业经济系统有了高效的发展。赣南地区独特的条件适宜发展脐橙、茶叶、蔬菜等产业,应继续坚持打造当地的农业品牌,因地制宜的发展农业产业,将当地独特的自然资源转换为产品优势。

(3) 在赣南地区之后的发展中,也应该注意农业面源的污染,尤其是陡坡种植脐橙。要适应赣州山地多的生态条件发展农业经济,就要高标准、高效益的开发山地资源,防止水土流失等现象的出现^[49],避免最终出现农业污染使生态发生不可逆的危害,应协调两系统的发展,把生态优势转化为产业优势,实现生态效益和经济效益的统一发展。

参考文献 (References):

- [1] 任继周. 系统耦合在大农业中的战略意义. 科学, 1999, 51(6): 12-14.
- [2] 万里强, 李向林. 系统耦合及其对农业系统的作用. 草业学报, 2002, 11(3): 1-7.
- [3] 王继军, 郭满才, 姜志德, 苏鑫, 李慧, 李奇睿. 农业生态经济系统耦合过程模型的建立及应用. 生态学报, 2010, 30(9): 2371-2378.
- [4] 王继军, 姜志德, 连坡, 郭满才, 姜峻, 苏鑫, 李慧, 牛艳丽. 70 年来陕西省纸坊沟流域农业生态经济系统耦合态势. 生态学报, 2009, 29(9): 5130-5137.
- [5] 陶晓娟. 农业发展中农业生态经济系统耦合过程模型的构建. 开封教育学院学报, 2015, 35(9): 291-292.
- [6] Norgaard R B. Economic indicators of resource scarcity: a critical essay. Journal of Environmental Economics and Management, 1990, 19(1): 19-25.
- [7] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [8] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析. 地理学报, 2005, 60(2): 237-247.
- [9] 易平, 方世明. 地质公园社会经济与生态环境效益耦合协调度研究——以嵩山世界地质公园为例. 资源科学, 2014, 36(1): 206-216.
- [10] 黄金川, 方创琳, 冯仁国. 三峡库区城市化与生态环境耦合关系定量辨识. 长江流域资源与环境, 2004, 13(2): 153-158.
- [11] 张丽, 曹建. 乌鲁木齐市经济系统与生态环境系统耦合协调发展研究[J]. 新疆财经, 2018(05): 5-14.
- [12] 钟霞, 刘毅华. 广东省旅游-经济-生态环境耦合协调发展分析. 热带地理, 2012, 32(5): 568-574.
- [13] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析. 地理研究, 2003, 22(2): 211-220.
- [14] 任继周, 贺达汉, 王宁, 朱兴运, 李镇清. 荒漠—绿洲草地农业系统的耦合与模型. 草业学报, 1995, 4(2): 11-19.

- [15] 王搏. 基于耦合模型的我国区域经济与生态环境协调发展动态研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.
- [16] 王成, 唐宁. 重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化. 地理研究, 2018, 37(6): 1100-1114.
- [17] 马亚亚, 刘国彬, 张超, 王杰. 陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展. 生态学报, 2019, 39(18): 6840-6849.
- [18] 王昭, 刘建红, 李同昇, 阮征, 武凤奇. 秦巴特困区生态脆弱性与经济贫困的耦合关系——以陕西省山阳县为例. 生态学报, 2019, 39(11): 3908-3917.
- [19] 牛亚琼, 王生林. 甘肃省脆弱生态环境与贫困的耦合关系. 生态学报, 2017, 37(19): 6431-6439.
- [20] 郭婧, 周学斌, 任君, 等. 青海省湟水谷地经济发展与生态环境耦合协调度的时空分异. 水土保持研究, 2018, 25(6): 242-250.
- [21] 陈美球, 赵宝苹, 罗志军, 黄宏胜, 魏晓华, 吕添贵, 许莉. 基于 RS 与 GIS 的赣江上游流域生态系统服务价值变化. 生态学报, 2013, 33(9): 2761-2767.
- [22] 孔凡斌. 江河源头水源涵养生态功能区生态补偿机制研究——以江西东江源区为例. 经济地理, 2010, 30(2): 299-305.
- [23] 傅伯杰, 王晓峰, 冯晓明. 国家生态屏障区生态系统评估. 北京: 科学出版社, 2017: 15-26.
- [24] 卓志清, 兴安, 孙忠祥, 黄元仿, 曹梦, 李贞, 张世文. 东北旱作区农业生态系统协同发展与权衡分析. 中国生态农业学报, 2018, 26(6): 892-902.
- [25] 宋永永, 米文宝, 杨丽娜, 郑芳. 宁夏农业生态环境与经济耦合协调演化研究. 南方农业学报, 2015, 46(5): 922-928.
- [26] 王雪军, 付晓, 孙玉军, 黄国胜, 张煜星. 基于 GIS 赣州市资源环境承载力评价. 江西农业大学学报, 2013, 35(6): 1325-1332.
- [27] 赵志刚, 余德, 王凯荣, 吕爱清. 赣西地区生态系统服务价值与生态补偿策略. 生态学报, 2020, 40(20): 7507-7518.
- [28] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析. 自然资源学报, 2005, 20(1): 105-112.
- [29] 袁芳, 钟文锋, 宋月君. 赣州水土保持现状和防治对策. 中国水土保持, 2015, (11): 5-7.
- [30] 胡坤侠. 基于灰色关联模型的区域生态安全综合评价——以江西省赣州市为例. 安徽农业科学, 2020, 48(2): 93-97.
- [31] 骆汉, 胡小宁, 谢永生, 王继军, 郭满才. 生态治理技术评价指标体系. 生态学报, 2019, 39(16): 5766-5777.
- [32] 华瑾, 王艳, 卢远. 左江流域农业生态经济系统健康评价. 江西农业大学学报, 2010, 32(2): 403-410.
- [33] 王刚, 张秋平, 郑海金, 杨洁, 肖荣波. 1987—2013 年江西省水土流失趋势及其社会经济驱动力分析. 生态科学, 2017, 36(3): 115-120.
- [34] 强虹. 泥河沟流域农业生态环境质量评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [35] 陆传豪, 代富强, 刘刚才. 基于 GIS 和 RUSLE 模型的万州区土壤保持服务功能空间分布特征. 长江流域资源与环境, 2017, 26(8): 1228-1236.
- [36] 周璟, 张旭东, 何丹, 周金星, 周小玲, 王中建. 基于 GIS 与 RUSLE 的武陵山区小流域土壤侵蚀评价研究. 长江流域资源与环境, 2011, 20(4): 468-474.
- [37] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1225-1228.
- [38] 刘新华, 杨勤科, 汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用. 水土保持通报, 2001, 21(1): 57-59, 62-62.
- [39] 徐媛银, 郭冻, 薛达元, 孙思琦. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变. 生态学报, 2019, 39(6): 1969-1978.
- [40] 李亚国. 关于贫困与非贫困地区农业生产效率差异性综合分析——以赣州市 17 个县(区)为例[D]. 南昌: 江西财经大学, 2018.
- [41] 郭荣芳. 赣州市耕地利用效率的时空演变及影响因素研究[D]. 南昌: 东华理工大学, 2018.
- [42] 张红军, 胡月英, 赵伟峰. 安徽农业经济—生态系统耦合协调研究. 中南林业科技大学学报: 社会科学版, 2019, 13(1): 31-36.
- [43] 牛亚琼, 杨清, 李银霞, 刘佳伟, 陈陇志. 甘肃省天水市农业生态环境与农业经济耦合协调研究. 生产力研究, 2020, (10): 49-52.
- [44] 李小娟. 陕西省农业经济与农业生态系统的耦合协调发展关系. 贵州农业科学, 2020, 48(5): 157-161.
- [45] 李静, 马亚亚, 王杰, 刘国彬, 张超. 固原市原州区生态环境与经济系统的耦合协调发展. 水土保持通报, 2020, 40(1): 229-235, 282-282.
- [46] 李方利, 丁孟春. 农业生态环境与经济协同发展研究——以吉林省为例. 长春理工大学学报: 社会科学版, 2019, 32(6): 64-69, 100-100.
- [47] 江激宇, 项升, 戴姗. 安徽省农业生态环境与经济耦合协调发展研究. 沈阳大学学报: 社会科学版, 2019, 21(5): 531-536.
- [48] 陈锋正, 刘向晖, 刘新平. 农业生态经济系统的耦合模型及其应用——以河南省为例. 中南林业科技大学学报: 社会科学版, 2015, 9(3): 76-80.
- [49] 叶玉忠. 赣州地区水土保持工作的新发展. 中国水土保持, 1997, (11): 7-10.