

云南省农业可持续发展评价及其子系统耦合协调性关系研究

刘俊¹ 但文红² 程东亚¹ 王蓉¹¹

(1. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州师范大学 贵州省信息与计算科学重点实验室, 贵州 贵阳 550001)

【摘要】: 运用熵值法、耦合度模型及耦合协调度模型,对云南省农业可持续发展进行评价并分析其子系统耦合协调度。结果表明:(1)2008—2017年云南省农业子系统耦合度与耦合协调度逐年稳定提升,农业可持续发展水平缓慢提高;(2)云南省人口、经济、社会、资源系统可持续发展水平持续增长,环境系统则持续下降,成为制约云南省农业可持续发展的主要因素;(3)研究时段内,云南省各州市农业可持续发展水平都有所提升,西部地区农业可持续发展水平高于东部地区;(4)云南省各州市仍处于较低耦合水平,基本协调发展阶段,可分为低耦合极不协调区、低耦合较不协调区、低耦合基本协调区、低耦合比较协调区、拮抗耦合基本协调区5种类型。

【关键词】: 农业可持续发展 熵值法 耦合度 耦合协调性

【中图分类号】: F327; [X171.3] **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2020)04-107-09

农业是国民经济的基础,被社会各界高度关注,农业可持续是人类可持续发展的保证^[1]。改革开放40年来,我国社会经济发展取得世界瞩目的巨大成就,与此同时,也衍生出一系列生态环境问题,如人口过度集聚、土壤退化、化肥农药过量使用、农用塑料薄膜导致的白色污染等问题日益严重,成为制约农业可持续发展的关键因素。新时代,要实现农业高质量发展,其前提是农业必须实现可持续发展,为此,开展农业可持续发展评价,弄清影响农业可持续发展的关键因素是重要环节。

农业可持续发展不但引起各级政府的广泛关注,也成为学术界研究的重点领域之一。不同学者从相关视角,对农业可持续发展开展研究及评价。总体来讲,对于农业可持续发展的定性研究文献不多,主要以定量研究为主。袁浩博^[2]、王昌森和董文静^[3]等学者分析了当前农业发展所面临的困境,并据此提出了相应的对策建议。在定量研究方面,主要以构建评价指标体系为切入点,然后运用不同的研究方法进行评价。从指标体系构建来看,因研究者所关注的侧重点不同,目前尚未形成统一的评价指标体系^[4],不过,指标体系均包含了经济、社会、资源、环境等4个维度。在评价尺度上,一般在国家尺度、省级尺度上开展,如洪雅芳等^[5]、姚成胜和朱鹤健^[6]对福建农业可持续发展水平进行了评价,辛岭和胡志全^[7]从国家层面上,对中国农业可持续发展水平进行了评价。除了上述4个维度之外,一些学者进行了一定程度的创新,适当增加了分析的维度,如袁久和和祁春节^[8]增加了人口子系统,卢必慧等^[9]增加了农业生产子系统。一些研究普遍采用PSR、DSR、DPSIR等框架模式,对农业可持续发展水平进行评价,如联合国粮农组织(FAO)根据PSR制定农业可持续评价指标体系^[10],欧洲环境署采用DPSIR框架进行评价^[11],王岱等^[12]利用DSR框架模型对北京市都市农业进行了评价等。在研究方法选取上,多采用主成分分析法、层次分析法、灰色关联法、熵值法、DEA等对农业可

作者简介: 刘俊(1994-),男,贵州安龙人,硕士研究生,研究方向为乡村地理与农村发展。E-mail:1242577889@qq.com; 但文红(1967-),女,贵州贵阳人,博士,教授,研究方向为乡村地理与农村发展。E-mail:622007761@qq.com。

持续发展水平进行评价,如戴蓉等^[13]利用主成分分析方法结合灰色 GM 模型对黔东南的研究,张金华^[14]运用层次分析法对贵州省现代农业的研究,袁久和和祁春节^[8]采用熵值法对湖南省的研究,叶文辉和陈丽如^[15]利用 DEA 方法对云南省的研究。另外,杨世琦^[16]引入目标系统与零系统概念,提出欧氏距离法等。

基于上述文献,尽管目前还没有统一的农业可持续评价指标体系,但基本形成以经济、社会、资源、环境、人口等多指标构建的思路,通常采用计算综合指数的方法对农业可持续发展水平进行评价^[1]。此种方式虽能表示农业可持续发展水平变化规律,但缺乏对农业系统内部的观察,对分析区域农业可持续发展具有局限性。目前,针对农业内部子系统相关协调性的研究不多,并且从空间视角分析耦合变化特征的研究并不多见,只有丁文广等^[17]、赵丹丹等^[18]少数学者进行关注。

在借鉴已有研究成果的基础上,本文拟从农业可持续发展内部子系统相关关系入手,在人口、经济、社会、资源、环境 5 个维度构建评价体系,利用熵值法、耦合度和耦合协调度模型,揭示云南省及各州市农业可持续发展水平的时空演化特征,并探究各州市农业可持续发展子系统之间的耦合度和耦合协调性发展程度,期望能为云南省及各州市农业可持续发展提供科学参考。

1 研究方法数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 熵值法—综合评价模型

熵值法是一种客观赋权法,能够反映数据隐含信息,增强指标差异性和分辨性,避免因指标选取差异过小而造成的分析不清,从而达到全面反映各类信息目的^[19]。采用熵值法^[20]对各指标赋予权重,避免人为因素干扰,保证结果客观性,具体步骤如下:

(1) 标准化处理。由于评价指标原始数据量纲不同,在计算之前要对数据进行标准化处理,消除量纲影响,采用极值法进行标准化。

$$\begin{aligned} \text{正向指标: } X_{ij} &= \frac{A_{ij} - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}} \\ \text{负向指标: } X_{ij} &= \frac{A_{\max} - A_{ij}}{A_{\max} - A_{\min}} \end{aligned} \quad (1)$$

式中: $A_{\max}$ 表示指标最大值, $A_{\min}$ 表示指标最小值, A_{ij} 表示第 j 项指标第 i 地区指标原始值, X_{ij} 表示标准化后第 j 项指标第 i 地区指标标准化后的值。 m 为评价地区, n 为评价指标。

(2) 信息熵计算 H_j 。

$$H_j = \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m (f_{ij} \ln f_{ij}) \quad (2)$$

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \text{ 当 } f_{ij} \text{ 为 } 0 \text{ 时, 则 } \ln 0 = 0 \quad (3)$$

(3) 各指标权重计算 W_j 。

$$W_j = \frac{1-H_j}{n-\sum_{j=1}^n H_j} \quad (4)$$

(4) 各子系统权重计算 W_k 。

$$W_k = \sum_{j=1}^r W_j \quad (5)$$

(5) 计算各子系统可持续发展指数。

$$S_k = \sum_{j=1}^r W_j x_{kj} \quad (6)$$

$$W_j = \frac{W_j}{W_k} \quad (7)$$

式中: r 代表各子系统的指标个数, k 代表 5 个维度子系统, W_j 是指标权重标准化后的值, S_k 代表 5 个维度在 i 地区的可持续发展指数。

(6) 农业可持续发展综合指数 S_i 。

$$S_i = \sum_{k=1}^5 W_k S_{ki} \quad (8)$$

式中: S_i 取值范围为 $[0, 1]$, 指数值越大说明农业可持续发展水平越高。当 $S_k < S_i$ 时, 农业子系统可持续发展属于滞后发展型; 当 $S_k > S_i$ 时, 农业子系统属于超前发展型。

1.1.2 耦合度模型

耦合是物理学中的基本概念, 用于描述两个或两个以上系统或运动形式相互影响的现象^[21]。将农业人口、经济、社会、资源、环境系统进行耦合分析, 得到的值越大, 说明系统之间耦合关系越明显, 有序性更好。公式^[17]为:

$$C = \left(\frac{S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_k}{\prod (S_1 + S_2 + \cdots + S_k)} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (9)$$

式中: $n=5$, 表示人口、经济、社会、资源、环境 5 个农业子系统。 C 为耦合度, 取值在 $0 \sim 1$ 之间。当 $C=0$ 时, 系统之间不存在耦合关系; $C=1$ 时, 系统耦合关系最大。根据目前常用的中值分段法进行分类, C 值划分成 4 个阶段^[22]: 低水平耦合阶段、拮抗阶段、磨合阶段、高水平耦合阶段, 分别对应 $0 < C \leq 0.30$ 、 $0.30 < C \leq 0.50$ 、 $0.50 < C \leq 0.80$ 、 $0.80 < C \leq 1$ 。

1.1.3 耦合协调度模型

耦合度函数仅仅能够描述系统之间发展的程度,无法确定系统是在较高水平上相互促进还是在较低的水平上紧密联系^[23]。因此,引入耦合协调度模型^[24]:

$$D=\sqrt{C\times T}\tag{10}$$

$$T=aS_1+bS_2+cS_3+dS_4+eS_5\tag{11}$$

式中: D 代表耦合协调度, C 为耦合度, T 为5个子系统综合协调指数, a 、 b 、 c 、 d 、 e 分别代表人口、经济、社会、资源、环境的权重,分别为0.17、0.19、0.13、0.22、0.29。根据相关研究^[25-26],将耦合协调度 D 分为5个阶段:极不协调($0\leq D<0.2$)、较不协调($0.2\leq D<0.3$)、基本协调($0.3\leq D<0.5$)、比较协调($0.5\leq D<0.8$)、非常协调($0.8\leq D<1$)。

1.2 指标体系

基于前人研究基础上,遵循科学性、系统性、可操作性原则^[27],从人口、经济、社会、资源、环境5个维度构建云南省16个州市可持续发展水平评价指标体系。指标体系分为目标层、准则层、指标层。目标层是各州市农业可持续发展水平的总体反映,准则层是农业可持续发展水平子系统反映层,指标层包含19个具体指标,其中,人口维度3个,社会维度3个,经济维度4个,环境维度5个,资源维度4个(表1)。

1.3 数据来源

文章数据主要来源于2009—2018年的《云南省统计年鉴》、各州市政府门户网站公布的《国民经济与社会发展统计公报》及《中国统计年鉴2018》,部分缺失数据采用插值法等计算得到。

1.4 研究区概况

表1 农业可持续发展水平评价指标体系及权重

目标层	准则层	指标层	指标来源	单位	属性	权重
农业可持续发展水平	人口系统 (0.17)	人口自然增长率	自有指标	%	逆向	0.0566
		人口密度	自有指标	人/km ²	逆向	0.0561
		农村人口比重	农村人口/总人口	%	逆向	0.0542
	社会系统 (0.13)	农村人均用电量	农村用电量/农村人口	kW·h/人	正向	0.0474
		自来水受益村	自有指标	个	正向	0.0524
		技术人员数	自有指标	人	正	0.0261

					向	
	经济系统 (0.19)	人均生产总值	自有指标	元/人	正向	0.0521
		农村居民人均纯收入	自有指标	元/人	正向	0.0537
		单位播种面积农业产值	第一产业生产总值/播种面积	万元/hm ²	正向	0.0535
		固定资产投资	自有指标	亿元	正向	0.0422
	环境系统 (0.29)	化肥使用强度	化肥施用量/播种面积	t/hm ²	逆向	0.0559
		农药使用强度	农药施用量/播种面积	t/hm ²	逆向	0.0577
		农用塑料薄膜使用强度	农用塑料薄膜使用量/播种面积	t/hm ²	逆向	0.0566
		工业废水排放量全省比重	各州市工业废水排放量/全省工业废水排放量	%	逆向	0.0571
		工业废气排放量全省比重	各州市工业废气排放量/全省工业废气排放量	%	逆向	0.0582
	资源系统 (0.22)	人均播种面积	播种面积/总人口	hm ² /人	正向	0.0552
		农业用地比重	农业用地/总用地	%	正向	0.0542
		农业用水比重	农业用水/用水总量	%	正向	0.0569
		农业有效灌溉率	耕地灌溉面积/播种面积	%	正向	0.0538

云南省下辖 16 个州市, 辖区面积 39.4 万 km², 其中, 耕地面积 621.33 万 hm²^[28]。云南省主要以高原山地地形为主, 坝区面积极小。受地形影响导致农业基础设施薄弱, 机械化程度低, 还是以传统的手工农业为主。从图 1 可以看出, 云南省第一产业生产总值有较大提升, 从 2008 年 1020.94 亿元上升到 2338.37 亿元。云南省第一产业产值在全国的比重也有增加, 但整体没有超过 4%, 仍然处于较低水平, 在 2010 年出现了一个明显的下降, 其原因是 2010 年云南省出现旱灾, 给农业发展造成了巨大损失, 说明云南省农业产业在面对自然灾害时抗风险能力有限。由表 2 可知, 云南省除怒江外, 其余 15 个州市农业产值占比均呈现出下降趋势, 说明这些州市在经济发展过程中对农业发展关注度不够。因此, 对于云南省农业可持续发展的研究可以明晰各州市之间农业发展状况, 并且可以为当地政府协调第一、第二、第三产业发展提供一些参考借鉴。

2 云南省农业可持续发展水平评价结果分析

2.1 省级层面农业可持续发展水平分析

表 2 2008—2017 年各州市农业产值占比(%)

市	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
云南省	17.91	17.30	15.34	15.87	16.05	16.17	15.53	15.09	14.91	14.28
昆明市	6.53	6.25	5.67	5.33	5.29	4.97	4.89	4.74	4.66	4.33
曲靖市	19.24	18.38	18.26	18.66	18.73	17.98	19.73	19.45	18.98	18.12
玉溪市	10.83	10.33	9.45	9.33	9.74	10.07	10.24	10.17	10.29	10.03
保山市	31.81	32.61	30.28	30.41	28.96	28.12	27.05	25.72	24.71	23.43
昭通市	24.52	22.75	19.61	19.70	20.40	19.93	20.28	19.86	19.52	18.79
丽江市	20.63	19.06	18.12	17.08	17.25	16.06	15.90	15.39	15.31	14.61
普洱市	31.89	30.41	29.69	29.66	30.77	30.06	28.84	27.85	26.83	25.59
临沧市	36.32	34.85	32.94	32.24	30.49	30.72	30.07	28.95	28.08	26.86
楚雄州	24.27	23.74	22.43	22.45	23.51	21.69	20.88	20.03	19.21	18.24
红河州	18.72	18.65	16.05	15.91	17.17	17.57	17.20	16.54	16.07	15.22
文山州	26.26	24.81	22.16	22.80	24.07	23.81	22.94	21.86	21.14	20.15
西双版纳州	29.99	29.35	27.34	29.04	29.03	28.44	25.66	25.47	25.19	24.58
大理州	26.10	25.71	22.98	21.73	21.71	20.66	21.22	21.49	21.12	20.15
德宏州	29.62	28.60	26.48	26.35	28.69	28.48	25.75	25.12	24.12	22.93
怒江州	13.26	12.33	12.11	12.72	15.27	15.15	16.31	16.61	15.82	14.74
迪庆州	11.69	10.85	9.27	8.42	8.00	7.26	7.06	6.66	6.44	6.05

从综合评价指数变化趋势可知(表 3), 2008—2017 年云南省农业综合评价指数从 0.468 增长 0.554, 农业可持续发展水平呈现缓慢提升趋势。农业人口、经济、社会、资源系统可持续发展水平持续增长, 不同的是农业经济、社会系统指数值始终低于综合指数值, 属于滞后发展类型, 农业资源系统始终属于超前发展型, 农业人口系统由超前发展型转变为滞后发展型, 说明人口的增加给农业可持续发展造成了一定的压力。农业环境系统评价指数值持续下降, 特别是 2014 年最为明显, 表明云南省在农业发展过程中农业环境系统恶化, 逐渐发展成制约云南省农业可持续发展的主要因素。

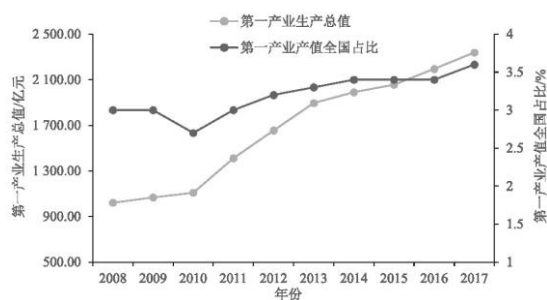


图 1 2008—2017 年云南省第一产业变化趋势

2.2 州市层面农业可持续发展水平的时空演化特征

2.2.1 时序演变特征

从表 4 中可知, 2008—2017 年, 云南省 16 个州市农业可持续发展评价指数都有所上升, 表明各州市农业可持续发展水平都有提升。其中, 普洱、文山评价指数呈现逐年上升趋势, 并且普洱一直都是农业可持续发展水平最好的地区, 表明这两个州市农业可持续发展稳定性较强。昆明呈现波动上升又下降趋势, 并且昆明农业可持续发展水平长期处于云南省末位, 说明其农业可持续发展稳定性不强。德宏评价指数保持持续上升后下降, 但下降幅度不大, 农业可持续发展较稳定。而其余 12 个州市评价指数呈现出波动上升趋势, 农业可持续发展水平得以增加, 但稳定性较差。

表 3 2008—2017 年云南省农业综合系统及子系统评价指数

指数	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	变化
综合指数	0.468	0.472	0.470	0.488	0.497	0.508	0.515	0.537	0.546	0.554	0.087
人口指数	0.511	0.509	0.495	0.527	0.546	0.554	0.559	0.557	0.554	0.553	0.042
经济指数	0.103	0.123	0.146	0.195	0.244	0.291	0.341	0.379	0.422	0.466	0.362
社会指数	0.206	0.213	0.220	0.226	0.231	0.244	0.248	0.263	0.271	0.286	0.080
资源指数	0.536	0.537	0.523	0.527	0.528	0.524	0.568	0.576	0.581	0.573	0.037
环境指数	0.762	0.762	0.754	0.756	0.741	0.738	0.688	0.729	0.722	0.722	-0.040

表 4 2008—2017 年各州市农业可持续发展评价指数

州市	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
昆明	0.381	0.394	0.408	0.430	0.448	0.471	0.462	0.508	0.522	0.511
曲靖	0.422	0.435	0.418	0.436	0.460	0.491	0.451	0.523	0.531	0.536

玉溪	0.475	0.462	0.460	0.477	0.479	0.510	0.483	0.529	0.539	0.545
保山	0.474	0.476	0.466	0.467	0.466	0.486	0.495	0.526	0.540	0.585
昭通	0.409	0.417	0.423	0.435	0.441	0.439	0.434	0.448	0.459	0.437
丽江	0.493	0.492	0.496	0.508	0.512	0.509	0.515	0.525	0.528	0.536
普洱	0.531	0.535	0.544	0.558	0.565	0.567	0.590	0.599	0.600	0.607
临沧	0.496	0.493	0.486	0.485	0.496	0.502	0.540	0.540	0.557	0.586
楚雄	0.504	0.513	0.507	0.528	0.545	0.537	0.549	0.554	0.566	0.595
红河	0.422	0.428	0.417	0.444	0.460	0.471	0.465	0.500	0.509	0.530
文山	0.443	0.444	0.447	0.479	0.488	0.498	0.520	0.533	0.533	0.546
西双版纳	0.468	0.502	0.483	0.517	0.511	0.525	0.564	0.584	0.598	0.599
大理	0.496	0.493	0.499	0.513	0.522	0.539	0.553	0.583	0.594	0.596
德宏	0.453	0.469	0.473	0.510	0.520	0.552	0.580	0.588	0.591	0.589
怒江	0.482	0.477	0.472	0.486	0.498	0.500	0.509	0.513	0.517	0.520
迪庆	0.531	0.526	0.523	0.530	0.545	0.531	0.526	0.542	0.546	0.553

2.2.2 空间演化特征

将各州市农业可持续发展综合指数按照相等间距进行划分,将农业可持续发展水平分为低水平[0.381,0.438)、中水平[0.438,0.494)、高水平[0.494,0.551)、极高水平[0.551,0.607)共4个阶段。利用2008年、2011年、2014年、2017年各州市农业可持续发展指数进行分析(图2)。

2008—2017年各类型数量不断发生变化,农业可持续发展水平达到极高水平、高水平州市数量不断增多,空间上具有明显区域差异,西部地区农业可持续发展水平高于东部地区。2008年没有州市达到极高水平,高水平集中在云南省西部普洱、临沧、楚雄、大理、迪庆等5个州市。2011年普洱最先达到极高水平,高水平增加了德宏、西双版纳、丽江3个州市,临沧从高水平下降到中水平,说明其农业发展稳定性较差。2014年极高水平地区和高水平地区数量明显增多,但都是集中在云南省西部地区州市。2017年全省极高水平州市已达8个,高水平州市有7个,昭通一直处于低水平,在全省处于劣势,虽然其农业可持续发展评价指数已从2008年的0.409上升到2017年0.437,但上升幅度不大,说明其农业可持续发展程度不高,在10年间与昆明交替处于末位,农业可持续发展面临极大的挑战。

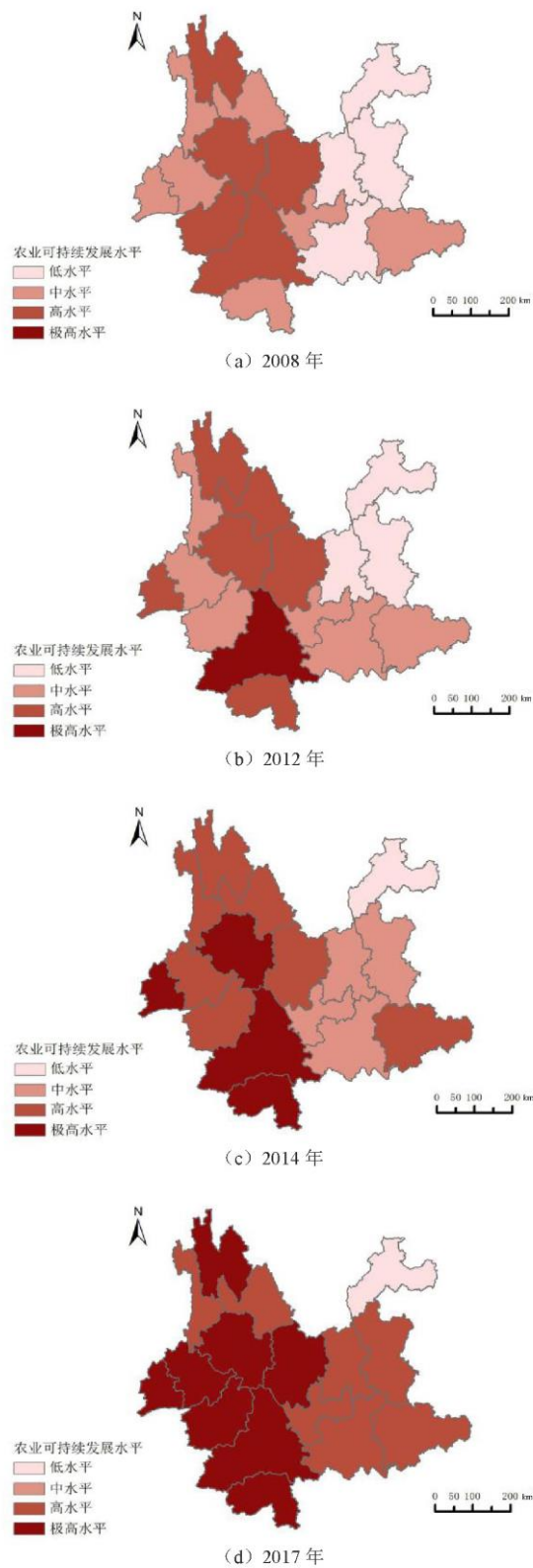


图 2 各州市农业可持续发展水平空间变化特征

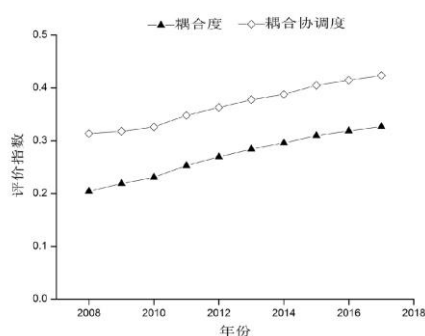


图 3 云南省农业子系统耦合度与耦合协调度变化特征

3 云南省农业子系统耦合度及耦合协调度分析

3.1 省级层面农业子系统耦合特征分析

从图 3 中可以看出, 云南省农业子系统耦合度与耦合协调度呈现同步上升趋势。农业系统耦合度指数从 2008 年的 0.2043 上升到 2017 年的 0.3267, 经历了从无序向有序的演化, 从低水平耦合阶段过渡到拮抗阶段。耦合协调度指数值从 0.3136 增加到 0.4235, 农业系统间表现出更好的协调性, 但没有向更高一级阶段过渡, 仍处于基本协调阶段。随着农业系统内部耦合度与协调度逐年稳定提升, 云南省农业可持续发展水平整体得到了提升。

3.2 州市层面农业子系统耦合特征及其演化

将综合评价指数代入公式 (9)~(11) 中, 计算得出“人口—经济—社会—资源—环境”系统耦合度和耦合协调度, 制作各州市耦合度与耦合协调度位序变化表 (表 5), 表中位序变化值为正值表示州市在全省排名增加, 负值表示排名下降。

3.2.1 农业子系统耦合度时序演化

结合表 5 可以看出, 2008—2017 年, 云南省 16 州市农业子系统耦合度指数都呈现出上升趋势, 但耦合水平程度不高, 耦合度位序变化亦不大。2008 年只有玉溪处于拮抗阶段, 其余 15 个州市都处于低水平耦合阶段。2017 年昭通、丽江、德宏、怒江、迪庆等 5 个州市仍然处于低水平耦合阶段, 其余 11 个州市也仅仅达到拮抗阶段。与 2008 年比较, 2017 年全省 16 个州市耦合度指数有不同程度的增加, 说明各州市农业系统耦合度从无序向有序提升, 但总体耦合度水平不高, 仍然处于低水平耦合与拮抗耦合阶段。各州市耦合度位序变化不明显, 大理、玉溪、楚雄农业系统耦合度始终在全省保持较高水平, 怒江、昭通、迪庆、德宏农业系统耦合度一直处在全省末位, 耦合度变化最为明显的是昆明, 从第 2 位下降到第 11 位, 说明昆明农业发展可持续性在全省逐渐失去竞争优势。

3.2.2 农业子系统耦合协调度时序演化

表 5 2008—2017 年各州市耦合度与耦合协调度位序变化表

州市	耦合度					耦合协调度				
	2008		2017		位序变化	2008		2017		位序变化
	指数值	排序	指数值	排序		指数值	排序	指数值	排序	

昆明	0.2909	2	0.3069	11	-9	0.5393	1	0.4094	11	-10
曲靖	0.2575	5	0.3783	4	1	0.3134	9	0.4398	3	6
玉溪	0.3087	1	0.3940	2	-1	0.3608	3	0.4596	4	-1
保山	0.2238	7	0.3617	7	0	0.3260	6	0.4441	16	-10
昭通	0.1256	15	0.2567	14	1	0.2440	15	0.3875	15	0
丽江	0.1585	12	0.2857	12	0	0.2545	14	0.3532	12	2
普洱	0.2136	8	0.3648	6	2	0.3245	7	0.4422	7	0
临沧	0.1953	9	0.3459	8	1	0.3221	8	0.4582	5	3
楚雄	0.2698	4	0.3792	3	1	0.3657	2	0.4714	8	-6
红河	0.2448	6	0.3782	5	1	0.3512	5	0.4745	13	-8
文山	0.1597	11	0.3304	9	2	0.2597	13	0.4184	1	12
西双版纳	0.1877	10	0.3256	10	0	0.2883	10	0.4215	2	8
大理	0.2755	3	0.4001	1	2	0.3593	4	0.4897	6	-2
德宏	0.1387	14	0.2593	13	1	0.2624	12	0.3930	9	3
怒江	0.0708	16	0.2130	16	0	0.1791	16	0.3541	14	2
迪庆	0.1482	13	0.2475	15	-2	0.2673	11	0.3586	10	1

2008—2017 年, 16 个州市中, 除昆明外, 其余州市耦合协调指数都有所上升, 各州市耦合协调度位序变化明显。如表 5 所示, 昆明耦合协调指数从 0.5393 下降到 0.4094, 从比较协调阶段下降到基本协调阶段, 表明昆明农业子系统内部协调性出现了失衡, 致使其农业可持续发展水平长期处于全省较低水平。2008 年怒江处于极不协调阶段, 昭通、丽江、文山、西双版纳、德宏、迪庆等 6 州市处于较不协调阶段, 到 2017 年都过渡到基本协调阶段, 说明这些州市农业“人口—经济—社会—资源—环境”系统之间更加协调, 促进了农业可持续发展水平的提高。其余 10 个州市在 2008—2017 年一直保持在基本协调阶段, 耦合协调度指数值虽有增加, 但变化幅度不大, 说明其农业可持续发展较为稳定。16 个州市中楚雄、红河、保山农业子系统协调度位序下降比较明显, 分别从全省第 2、第 5、第 6 下降到第 8、第 13、第 16。而上升最快的文山从全省第 13 名上升到全省第 1 的名次, 因此, 文山是云南省东部地区农业可持续发展最先进入高水平的地区。

3.2.3 农业子系统耦合协调度空间演化特征

基于 2008 年、2011 年、2014 年、2017 年 4 个时间截面的耦合协调度数据, 绘制农业子系统耦合协调度空间演化图(图 4)。

2008 年云南省处于极不协调阶段的州市只有怒江, 处于较不协调阶段的有德宏、西双版纳、文山、迪庆、丽江、昭通 6 个州市, 处于基本协调阶段的有曲靖、红河、玉溪、楚雄、大理、保山、临沧、普洱 8 个州市, 处于比较协调阶段的州市仅有昆明, 没有处于非常协调阶段的州市。2011 年没有处于极不协调阶段的州市, 处于较不协调阶段的有怒江、昭通、丽江 3 州市, 其余 13 个州市都是处于基本协调阶段。2014 年与 2017 年 16 个州市都是处于基本协调阶段。

总的来说, 2008—2017 年云南省 16 个州市农业子系统耦合协调度最开始呈现出以昆明为中心的中间高四周低的空间分布格局, 最后各州市农业子系统耦合协调度都处于基本协调类型。说明云南省各州市农业子系统协调性得到了改善, 农业可持续发展水平得到了一定的提高, 但各州市农业系统整体协调性仍然不高, 昆明从比较协调下降到基本协调, 而没有州市达到非常协调阶段, 需进一步加强人口、经济、社会、资源、环境系统可持续能力之间的协调发展。

3.3 耦合协调类型的空间组合

耦合度与耦合协调度在空间分布上并不一致,把耦合度 C 和耦合协调度 D 组合,将云南省 16 州市分为 5 种组合类型(表 6),绘制组合类型图(图 5)。

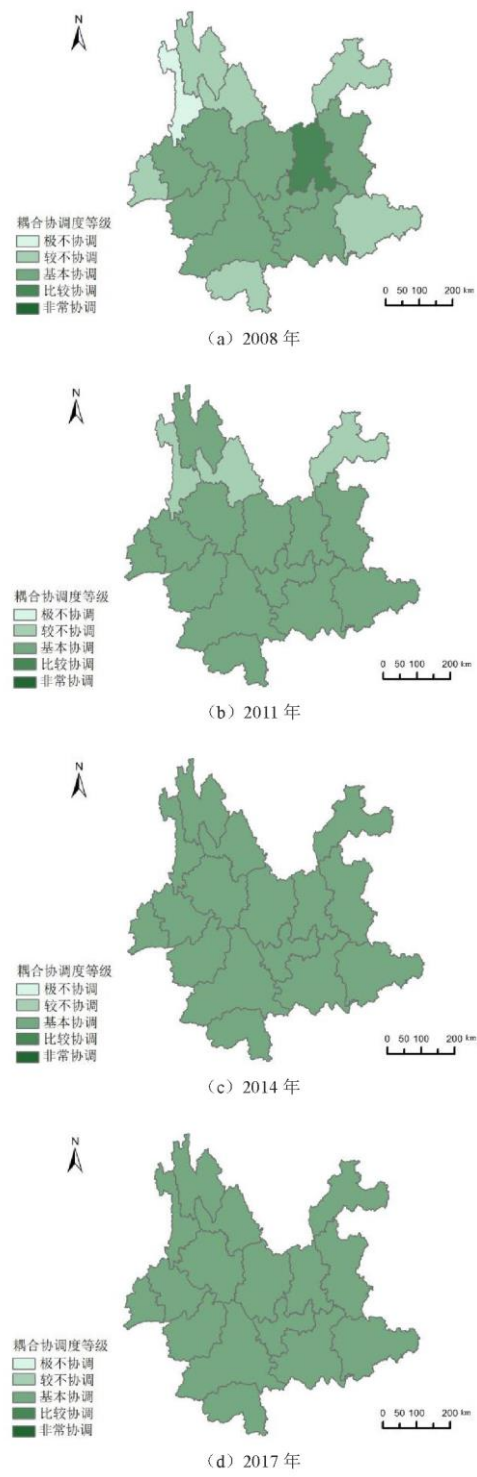


图 4 农业子系统耦合协调度空间演化图

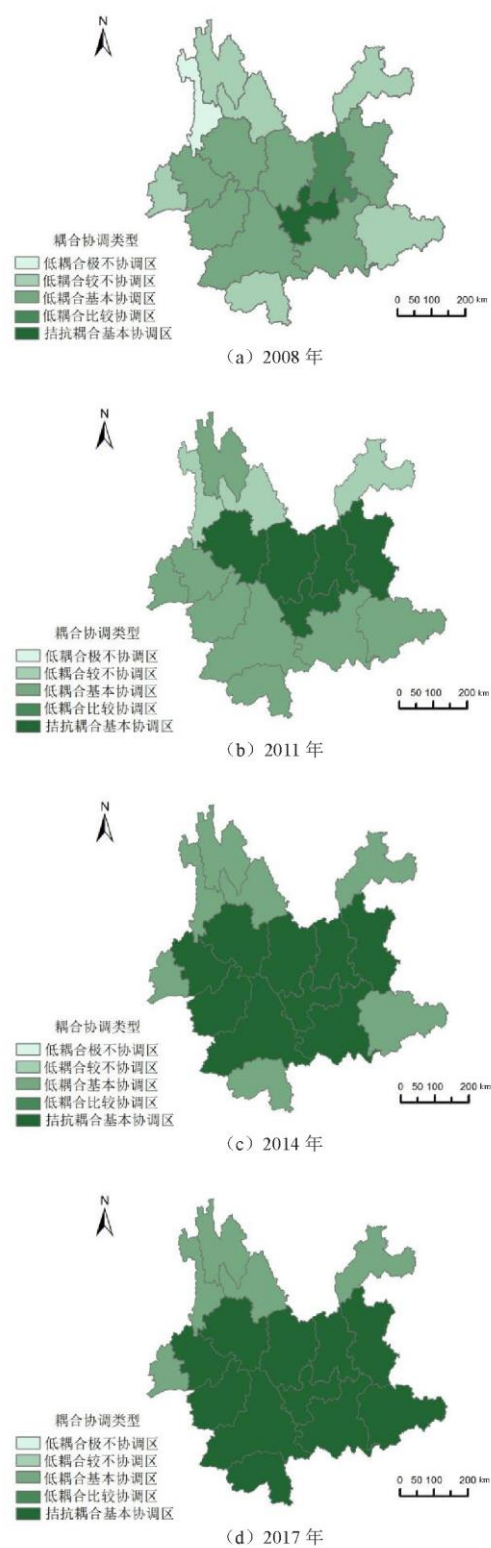


图 5 各州市农业耦合协调类型空间组合分布

表 6 各州市农业子系统耦合协调类型空间组合

组合类型	耦合度范围	耦合协调度范围
低耦合极不协调区	$0 < C \leq 0.30$	$0 \leq D \leq 0.2$
低耦合较不协调区	$0 < C \leq 0.30$	$0.2 \leq D < 0.3$
低耦合基本协调区	$0 < C \leq 0.30$	$0.3 \leq D < 0.5$
低耦合比较协调区	$0 < C \leq 0.30$	$0.5 \leq D < 0.8$
拮抗耦合基本协调区	$0.30 < C \leq 0.50$	$0.3 \leq D < 0.5$

2008 年只有怒江属于低耦合极不协调区,说明怒江与其他州市相比农业可持续发展基础较差,农业可持续发展不具有优势。迪庆、丽江、德宏、西双版纳、昭通、文山 6 个州市属于低耦合较不协调区,保山、大理、临沧、普洱、楚雄、红河、曲靖 7 个州市处于低耦合基本协调区,昆明属于低耦合比较协调区,玉溪属于拮抗耦合基本协调区。

2011 年低耦合极不协调区无,怒江、丽江、昭通等 3 个州市属于低耦合较不协调区,迪庆、德宏、保山、临沧、普洱、西双版纳、红河、文山 8 个州市属于低耦合基本协调区,大理、楚雄、玉溪、昆明、曲靖 5 个州市属于拮抗耦合基本协调区,低耦合基本协调区和拮抗耦合基本协调区数量明显增多,说明云南省各州市农业可持续发展水平得到提升。

2014 年只有低耦合基本协调区和拮抗耦合基本协调区两种类型,其中低耦合基本协调区州市有 7 个,拮抗耦合基本协调区州市有 9 个,表现出各州市农业子系统的耦合度和耦合协调度得到进一步提升。

2017 年同样只有低耦合基本协调区和拮抗耦合基本协调区两种类型,其中低耦合基本协调区州市减少到 5 个,拮抗耦合基本协调区州市增加到 11 个,说明云南省 16 个州市农业子系统之间的协调性一直保持良好的发展状态,并且仍将持续一段时期。

4 结论与建议

4.1 结论

文章基于 2008—2017 年统计数据,从人口、经济、社会、资源、环境 5 个维度构建云南省农业可持续发展指标体系,运用熵值法、耦合度及耦合协调度模型,对云南省 16 个州市农业可持续发展水平进行了评价并对农业子系统耦合度和耦合协调度进行了分析,得出以下结论:

(1)2008—2017 年云南省农业子系统耦合度与耦合协调度逐年稳定提升,农业可持续发展水平呈现持续缓慢上升趋势。云南省整体耦合度上升,从低水平耦合阶段过渡到拮抗阶段,耦合协调度指数值上升,但处于基本协调阶段没有发生变化,农业综合评价指数从 0.468 增长 0.554。

(2)2008—2017 年云南省人口、经济、社会、资源系统可持续发展水平持续增长,不同的是农业经济、社会系统可持续发展滞后于云南省综合农业发展,农业资源系统始终属于超前发展型,农业人口系统由超前发展型转变为滞后发展型,表现出人口的增加给农业可持续发展带来了一定的压力,农业环境系统可持续发展水平持续下降,逐渐成为制约云南省可持续发展的主要因素。

(3)研究时段内,云南省 16 个州市农业可持续发展水平都有所提升,但农业发展可持续性稳定性不强,在空间上具有明显区域

差异,西部地区农业可持续发展水平高于东部地区。从评价指数值来看,只有普洱和文山2个州市一直保持持续上升,其余各州市指数值呈现波动上升,说明云南省各州市农业发展可持续稳定性不高。空间上,云南省西部极高水平区与高水平区州市数量占有绝对优势,农业可持续发展水平较高。

(4) 云南省16州市农业子系统目前仍处于一个较低耦合水平,基本协调的发展阶段。研究时段内,各州市耦合度指数都呈现出上升趋势,但到2017年仍然有5个州市处于低水平耦合阶段,其余11个州市也仅仅达到拮抗耦合阶段,总体耦合度水平不高。耦合协调度除昆明外,其余州市都有所上升,16个州市农业子系统到2017年都处于基本协调阶段,虽然各州市农业子系统协调性得到了改善,但整体协调性仍然不高。

(5) 2008—2017年云南省16个州市按照耦合度与耦合协调度组合,可分为低耦合极不协调区、低耦合较不协调区、低耦合基本协调区、低耦合比较协调区、拮抗耦合基本协调区5种组合类型。各种类型数量不断发生变化,总体来看,低耦合极不协调区、低耦合较不协调区、低耦合基本协调区、低耦合比较协调区4种组合类型数量逐渐减少,拮抗耦合基本协调区类型数量逐渐增多,说明云南省16个州市农业子系统之间的协调性一直保持良好的发展状态。

4.2 建议

通过文章分析可以看出,云南省整体农业可持续发展水平都有所提升,但各州市农业发展可持续性稳定性不强,并且存在明显地区差异,并且农业子系统仍处于一个较低耦合水平,基本协调的发展阶段,针对这些问题从人口、经济、社会、资源、环境5个方面提出以下建议:

(1) 控制人口数量,提高农业人口素质。从上文分析中可以看出,人口的增长对农业可持续发展产生了一定的压力,人口增长导致了新的人地矛盾,科学控制人口数量的增长,减轻地区农业可持续发展压力。充分利用城市带动乡村的作用,吸纳农村剩余劳动力,组织农业技能培训,提高农民农业种植技术以及农业管理技术,积极促进人口可持续发展水平。

(2) 利用经济引导农业发展。农业经济系统对于农业可持续发展水平的促进作用越来越明显,云南省作为我国“一带一路”规划区以及新增自由贸易区,具有很好的政策优势,抓住政策机遇,融合第一、第二、第三产业共同发展,利用经济的发展引导带动农业可持续发展。

(3) 整合社会资源,加强农业基础配置。农业基础配置不仅仅是提高农机使用率、加强道路建设和完善水利设施,还包含了农业人员生产技能的提高,商品物流的配套以及市场的扩展。政府要做好引领作用,整合社会资源,积极组织农民培训,提高其生产技能。

(4) 充分发挥农业资源优势,合理利用资源保证农业可持续发展。云南省自然环境优美,农民所拥有的人均耕地面积大,水资源充沛,具有得天独厚的农业发展条件。在农业发展中,政府利用政策引导农民对农业资源进行合理配置,积极探索高效率农业,养成现代农业的思维方式,同步向现代化农业迈进。

(5) 引导农民发展绿色农业。环境问题是制约云南省农业可持续发展最重要的因素,粗放化的管理方式,化肥农药的大量投入使用,造成了环境污染、土壤营养元素流失、土壤板结严重,这些都制约着农业可持续发展。加强农民土地管理意识,对土地进行合理的施肥和轮作式耕种方式,引导农民对农用薄膜进行有效的回收利用^[29]等方式培养农民绿色、环保、可持续的农业发展意识。改善种植环境,提高农业环境系统可持续水平,促进农业可持续发展。

参考文献:

-
- [1]侯林春,李会琴.农业可持续性评价的研究综述[J].农村经济与科技,2016(15):7-9.
- [2]袁浩博.东北粮食主产区耕地质量保护与农业可持续发展研究[J].经济纵横,2017(11):106-111.
- [3]王昌森,董文静.乡村振兴战略下农业可持续发展政策的完善路径研究——以山东省为例[J].东北农业科学,2018(4):48-52.
- [4]高鹏,刘燕妮.我国农业可持续发展水平的聚类评价——基于2000—2009年省域面板数据的实证分析[J].经济学家,2012(3):59-65.
- [5]洪雅芳,叶夏,郑昆荃,等.福建省县域农业可持续发展水平研究[J].中国农业资源与区划,2017(2):152-158.
- [6]姚成胜,朱鹤健.区域农业可持续发展的生态安全评价——以福建省为例[J].自然资源学报,2007(3):380-388.
- [7]辛岭,胡志全.中国农业可持续发展水平评价[J].中国农业科技导报,2015(4):135-142.
- [8]袁久和,祁春节.基于熵值法的湖南省农业可持续发展能力动态评价[J].长江流域资源与环境,2013(2):152-157.
- [9]卢必慧,于堃,孙锐.江苏省农业可持续发展和区域差异性研究[J].现代农业科技,2016(13):315-318.
- [10]Stevenson M, Lee H. Indicators of sustainability as a tool in agricultural development: partitioning scientific and participatory processes [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2001, 8(1): 57-65.
- [11]曹斌,林剑艺,崔胜辉.可持续发展评价指标体系研究综述[J].环境科学与技术,2010(3):99-105.
- [12]王岱,蔺雪芹,刘旭,等.北京市县域都市农业可持续发展水平动态分异与提升路径[J].地理研究,2014(9):1706-1715.
- [13]戴蓉,薛达元,郭冻,等.黔东南地区农业可持续发展评价及预测分析[J].中国农学通报,2012(32):138-146.
- [14]张金华.现代农业可持续发展综合效益评价研究——以贵州省为例[J].中国农业资源与区划,2016(6):178-183.
- [15]叶文辉,陈丽如.基于DEA方法的农业可持续发展能力评价——以云南省为例[J].山西大学学报(哲学社会科学版),2016(3):97-103.
- [16]杨世琦.基于欧氏距离的农业可持续发展评价理论构建与实例验证[J].生态学报,2017(11):3840-3848.
- [17]丁文广,刘兴德,耿怡颖,等.甘肃省农业可持续发展评价及耦合协调性分析[J].中国农业资源与区划,2019(3):61-69.
- [18]赵丹丹,刘春明,鲍丙飞,等.农业可持续发展能力评价与子系统协调度分析——以我国粮食主产区为例[J].经济地理,2018(4):157-163.
- [19]徐建华.计量地理学(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2014.

-
- [20]郭显光. 熵值法及其在综合评价中的应用[J]. 财贸研究, 1994(6):56-60.
- [21]魏金义, 祁春节. 农业技术进步与要素禀赋的耦合协调度测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(1):90-96.
- [22]李雪铭, 郭玉洁, 田深圳, 等. 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究[J]. 地理科学, 2019(8):1208-1218.
- [23]朱江丽, 李子联. 长三角城市群产业—人口—空间耦合协调发展研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(2):75-82.
- [24]周京奎, 王文波, 张彦彦. “产业—交通—环境”耦合协调发展的时空演变——以京津冀城市群为例[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019(5):118-134.
- [25]洪开荣, 浣晓旭, 孙倩. 中部地区资源—环境—经济—社会协调发展的定量评价与比较分析[J]. 经济地理, 2013(12):16-23.
- [26]徐维祥, 刘程军. 产业集群创新与县域城镇化耦合协调的空间格局及驱动力——以浙江为实证[J]. 地理科学, 2015(11):1347-1356.
- [27]孟素英, 崔建升, 张瑞华. 农业可持续发展评价指标体系分析评价[J]. 河北科技大学学报, 2014(5):487-496.
- [28]国家统计局. 中国统计年鉴 2018[M]. 北京:中国统计出版社, 2018.
- [29]朱彩霞, 杨林伟, 李永前. 农用地膜污染的多层影响因素及防治策略实证研究——以云南省为例[J]. 生态经济, 2019(9):206-211.