



中国农业资源与区划

Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning

ISSN 1005-9121, CN 11-3513/S

《中国农业资源与区划》网络首发论文

题目： 农业绿色发展背景下资源-环境-经济耦合协调发展研究—以江西为例
作者： 王火根，胡霜
网络首发日期： 2022-08-18
引用格式： 王火根，胡霜. 农业绿色发展背景下资源-环境-经济耦合协调发展研究—以江西为例[J/OL]. 中国农业资源与区划.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220818.1410.021.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

农业绿色发展背景下资源-环境-经济耦合协调发展研究* —以江西为例

王火根^{1,*}，胡 霜¹

(1. 江西农业大学经济管理学院，南昌 330045)

摘 要 [目的]探求江西省农业资源-生态环境-社会经济耦合协调发展规律，为农业绿色发展提供理论依据。[方法]文章以江西省为例，通过构建农业资源、生态环境和社会经济 3 个维度 20 个指标的农业绿色发展评价指标体系，运用熵值法与耦合协调度模型探究 2008—2019 年江西省 11 个市农业绿色发展的耦合关系及其时空演绎规律。[结果]结果显示：(1) 时序特征上，江西省各市级农业绿色发展水平逐年稳步上升，农业绿色发展综合评价指数从 2008 年的 0.2804 上升为 2019 年的 0.4416；空间特征上，农业绿色发展水平达到高速发展水平的市级数量不断增多，整体发展水平不断提升，且东北区域农业绿色发展水平明显高于其它区域。(2) 2019 年江西省各市级在农业绿色发展过程中农业资源、生态环境、社会经济子系统各有短板和优势，农业资源、生态环境、社会经济得分最高的分别是抚州、景德镇、抚州；得分最低的分别是萍乡、新余、鹰潭。(3) 江西省各市级农业绿色发展水平耦合度处于高耦合水平阶段，耦合协调度从轻度失调阶段过渡到中度协调阶段。[结论]江西省农业绿色发展水平朝着有序方向发展，但仍然有很大的提升空间。

关键词 江西省 农业绿色发展 评价指标体系 熵值法 耦合协调度

中图分类号：F327

0 引言

随着科学技术的发展，农业中大量投入农业机械和工业合成的化学品，使得土地生产率和农产品商品率等均得到大幅提高，1978—2021 年 40 多年间，中国粮食总产量增长了 123.90%，从 3.05 亿 t 提高到 6.83 亿 t，每 hm²粮食产量从 252 7.30 kg 增至 580 5.00 kg，我国肉类产量从 1978 年的 106 2.40 万 t 上升到 2021 年的 888 7.00 万 t。在这一过程中，人们逐渐发现用过量化肥和农药等工业成品生产出来的农产品虽然在产量方面取得了巨大成就，但与此同时也伴随着生态环境恶化、产品质量安全等方面诸多问题。实现农业绿色发展，不仅是破解中国农业发展资源短缺和生态环境压力困境的重要方式，而且也是满足人民日益增长对美好生活需要的客观要求。为此，我国相继出台了《“十四五”全国农业绿色发展规划》和《全国农业可持续发展规划(2015—2030)》等一系列文件和启动 40 个农业绿色发展先行区来引导各地走农业绿色发展之路。农业作为我国社会经济发展的基础性产业，其产业发展方式直接影响其他产业的健康发展，以绿色发展为目标，协调推进资源环境和社会经济的可持续发展是推进农业供给侧结构性改革，实施乡村振兴战略的重要举措。

坚持质量兴农、绿色兴农是新时代中国农业生产所面临的资源环境形势下推动中国农业实现新跨越的必要手段^[1]。鉴于此，科学评价农业绿色发展水平，协调农业绿色发展与农业资源环境的矛盾，厘清社会经济、农业资源与生态环境之间相互关系就显得尤为重要。当前我国农业绿色发展总体向好，农业已由过去的粗放型发展模式向集约型可持续发展模式转变，但总体上农业绿色发展能力不强，超过半数的省区农业绿色发展能力总体水平较低，省份间农业绿色发展过程中各有短板和优势^[2-3]。在研究内容上，较多学者科学量化评价农业绿色发展水平主要集中在国家、省级层面。金赛美基于 DPSIR 模型，构建了 25 项指标的农业绿色发展评价指

作者简介：王火根（1971-），男，江西黎川人，博士后，教授。研究方向：项目投资评估。

※通讯作者：王火根（1971-），男，江西黎川人，博士后，教授。研究方向：项目投资评估。E-mail: 412163218@qq.com

***资助项目**：国家自然科学基金项目：基于生态循环视角的种养结合模式:绩效测度、协同机制及政策扶持（71963018）。

标体系对中国 30 个省区农业绿色发展水平进行分析^[2]；赵会杰等基于熵值法构建资源节约、环境友好、产出高效、生活保障 4 个维度对 2003—2017 年我国 13 个粮食主产省份农业绿色发展水平进行评价^[4]；窦艳芬等从农业资源合理利用、产地环境、生态保护能力、人居环境治理和绿色生产能力五个方面建立指标体系，运用层次分析法对 2010—2018 年间天津市农业绿色发展水平开展评价^[5]；余永琦等从资源利用、环境影响、生态保育以及经济效益等 4 个维度，利用熵权 TOPSIS 模型对江西省农业绿色发展水平进行评价与障碍因素分析^[6]。在研究方法上，学者们主要采用熵值法^[7]、DEA 方法^[8]、区间直觉模糊动态规划模型^[9]、层次分析法等^[10]方法对农业绿色发展水平进行评价。

由文献可知，国内对于农业绿色发展评价方面为本研究提供了较好的借鉴，但由于评价指标体系不一致，导致所得结果存在一定差异，且目前基于市级层面评价农业绿色发展的文献较少。江西省作为我国农业大省，是我国农业绿色发展潜力最大的地区之一，也是化肥和农药使用较高的地区。因此，该文基于市级层面通过构建农业资源、生态环境和社会经济 3 个方面评价指标体系，运用熵值法与耦合协调度模型探究 2008—2019 年江西省农业绿色发展的耦合关系及其时空演绎规律，以期客观刻画江西省 11 个市农业绿色发展的现状特征与时空演变趋势，为监测和调整农业绿色发展政策提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区域

江西省位于我国东南部，坐落于长江中下游南岸，界于东经 113°34'36"—118°28'58"，北纬 24°29'14"—30°04'41"之间。气候属于亚热带温暖湿润季风气候，平均气温 18.9℃，年降水量 1341—1943 毫米，降水主要集中在 4—6 月份，降水季节分配不均。全省共辖 11 个设区市、27 个市辖区、12 个县级市、61 个县。截止 2019 年，全省年末常住人口达 466 6.1 万人，农村居民人均可支配收入达 157 96 元，实现地区生产总值 247 57.5 亿元，农业总产值 162 4.25 亿元。全省全年粮食种植面积 366 5.1 千 hm²，粮食产量 215 7.4 万 t，农用化肥折纯量 115.57 万 t，森林覆盖率稳定在 63.10%。地形以江南丘陵、山地为主，具有丰富的矿产资源、水资源，是一个自然条件良好，适合耕作农作物的农业省份。

1.2 数据来源

本研究以 2008—2019 年为研究时段，数据主要来源于《中国统计年鉴（2009—2020）》、《江西省统计年鉴（2009—2020）》、《中国环境统计年鉴（2009—2020）》、《中国农村统计年鉴（2009—2020）》、江西省国民经济和社会发展统计公报（2009—2020）等国家和地方公开发布的统计资料，个别缺失数据采用移动平均进行模拟。数据归一化采用极差变换法对各指标数据进行量化。

1.3 评价指标

区域农业绿色发展是人与自然、环境交互作用的复合系统，构成了一个概念集，包括人口、经济、社会、资源、环境等^[11]。为了降低动态模拟难度，同时考虑到农业绿色发展与农业资源、生态环境的关系更为直接，参考国家发改委联合环境保护部等部门印发了《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》，浙江省农业农村厅印发《浙江省农业绿色发展指标体系评价办法（试行）》，两办印发的《关于创新体制机制制定推进农业绿色发展的意见》，构建社会经济-农业资源-生态环境系统，各要素之间的结构和功能如图 1 所示。

农业资源系统主要包括土地、劳动力和资本等，生态环境系统主要包括生态破坏与修复，环境污染与治理，社会经济系统主要包括农业经济发展水平和人口素质^[12-14]。三个系统之间相互依赖、相互制约、相互影响，组成一个农业绿色发展的有机整体，其核心是建立在农业资源承载力之内，以社会经济、生态环境的可持续发展为目标，实现农业生产生态生活的全过程全方位绿色化的一种健康发展，旨在强调农业资源、生态环境和社会经济的协调统一^[15-16]。

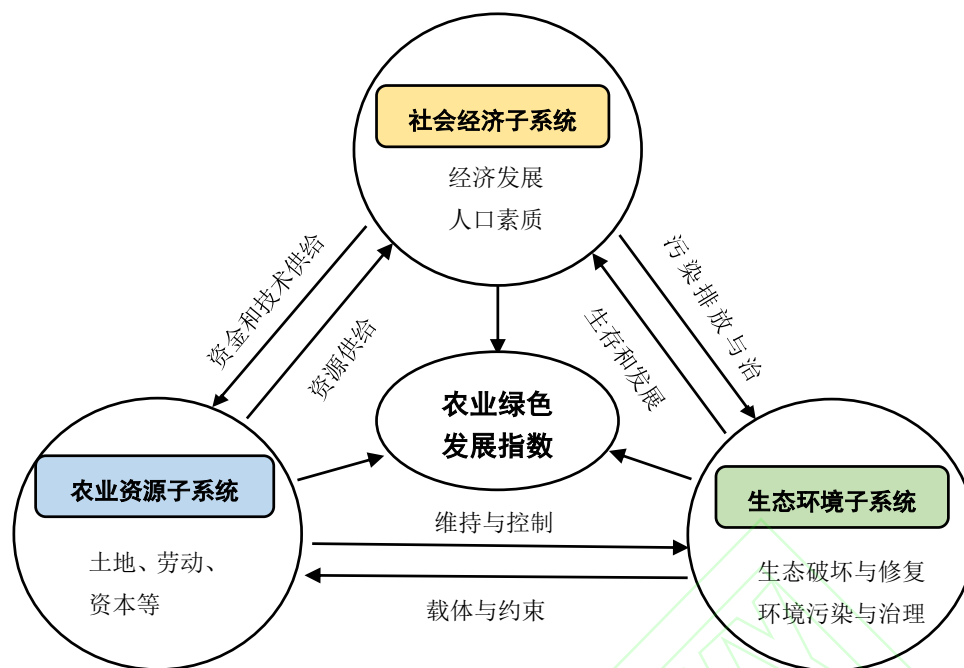


图1 农业绿色发展各子系统之间协同发展关系

基于图1 农业绿色发展各子系统之间协调关系，依据复合系统指标体系构建的全局性、科学性、可操作性和数据易得性等原则，借鉴已有研究成果^[17-19]，该文从农业资源、生态环境和社会经济等3个维度选择20个指标构建农业绿色发展评价指标体系，具体见表1。

表1 农业绿色发展评价指标体系及指标权重

目标层	准则层	属性	指标含义	权重
农业资源	人均粮食播种面积(千 hm ² /万人)	正	粮食播种面积/第一产业从业人员	0.051 6
	耕地复种指数	负	农作物播种面积/耕地面积	0.011 0
	有效灌溉面积占耕地面积的比重 (%)	正	有效灌溉面积/耕地面积	0.019 7
	单位农林牧渔总产值用水量 (m ³ /元)	负	农业用水量/农林牧渔总产值	0.005 7
	单位播种面积机械总动力 (kW/hm ²)	负	农业机械总动力/粮食播种面积	0.019 3
	全员劳动生产率 (万元/人)	正	农业总产值/第一产业从业人员	0.049 9
	农业用电强度 (kWh/元)	负	农村用电量/农林牧渔总产值	0.030 7
生态环境	化肥使用强度 (t/hm ²)	负	化肥施用折纯量/耕地面积	0.062 5
	农药使用强度 (t/hm ²)	负	农药施用量/耕地面积	0.024 8
	农膜使用强度 (t/hm ²)	负	农膜施用量/耕地面积	0.003 0
	自然保护区占辖区面积比重(%)	正	自然保护区面积/辖区面积	0.087 3
	森林覆盖率 (%)	正		0.024 4
社会经济	废污水排放总量 (万 t)	负		0.025 2
	单位面积农产品地理标志数量 (个/万 hm ²)	正	农产品地理标志数量/耕地面积	0.186 2
	农村居民人均可支配收入(元)	正		0.070 9
	粮食单产(t/hm ²)	正	粮食产量/粮食播种面积	0.013 7
	单位播种面积农业总产值 (万元/hm ²)	正	农业总产值/粮食播种面积	0.058 0
	农林牧渔业商品率 (%)	正	农林牧渔商品产值/农林牧渔产值	0.036 3
	第一产业占 GDP 比重 (%)	正	第一产业增加值/地区生产总值	0.081 6
	财政支农力度 (%)	正	农林水事务支出/一般公共预算支出	0.138 4

1.4 评价方法

考虑到农业绿色发展的评价是一个农业发展与自然资源、生态环境、社会经济相互联系的复合系统，应该综合考虑社会经济发展、农业资源可持续利用以及生态环境保护等多个方面，因此，拟采用熵值法和耦合协调度模型来对江西省农业绿色发展水平进行研究。

1.4.1 熵值法

熵值法是指标所提供的信息来确定指标的权重，既可通过熵值判断一个事件的随机性，也可判断一个指标的离散程度。熵值法，作为一种较为客观的赋权法，衡量信息的效用值，信息量越大，不确定性就越小，熵也就越小。为了分析江西省不同市级不同年份农业绿色发展水平，参考赵会杰等学者在熵值法基础上加入时间变量适当改进的相关研究^[4]，使得评价模型更为客观合理，具体熵值法改进模型的计算步骤如下：

(1) 指标数据标准化

首先，搜集 k 个市级 m 年 n 个评价指标的数据，构建原始数据矩阵 $d_{\alpha ij}$ ($\alpha = i = 1, 2, \dots, k; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)， $d_{\alpha ij}$ 表示第 α 个市级第 i 个年份第 j 项指标。为消除不同指标量纲的影响，该文采用的是 *Min-Max* 标准化法将指标标准化处理，解决不同指标值间的同质化问题。标准化处理之后，各指标的取值范围区间为 $[0, 1]$ ，标准化公式为：

$$\text{正向指标: } X_{\alpha ij} = \frac{d_{\alpha ij} - d_{\min}}{d_{\max} - d_{\min}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } X_{\alpha ij} = \frac{d_{\max} - d_{\alpha ij}}{d_{\max} - d_{\min}} \quad (2)$$

(2) 熵值法赋权

① 计算第 k 个市级第 i 个年第 j 项指标下所占的比重：

$$P_{\alpha ij} = \frac{X_{\alpha ij}}{\sum_{\alpha=1}^k \sum_{i=1}^m X_{\alpha ij}} \quad (3)$$

② 计算第 j 项指标的熵值，其中，常数 $\lambda = 1/\ln(mn)$ ， w_j 取值范围为 $[0, 1]$ 。

$$w_j = -\lambda \sum_{\alpha=1}^k \sum_{i=1}^m (p_{\alpha ij} \times \ln p_{\alpha ij}) \quad (4)$$

③ 计算信息熵冗余度：

$$f_j = 1 - e_j \quad (5)$$

④ 计算各项指标的权重：

$$w_j = \frac{f_j}{\sum_{i=1}^m f_j} \quad (6)$$

⑤ 计算各市级农业绿色发展水平综合评价指数：

$$U_{\alpha i} = \sum_{j=1}^n w_j \times x_{\alpha ij} \quad (7)$$

1.4.2 耦合协调度模型

耦合度和耦合协调度反映各子系统之间的相互作用、相互协调、相互促进的程度，反映了各子系统之间从无序不协调到有序协调的动态关联趋势^[20]。

(1) 耦合度

耦合度常用描述各系统之间的相互作用的想象，通过物理原理推广到经济学中，反应各系统之间的作用程度强弱。计算农业资源、生态环境、社会经济系统之间耦合度大小，可以反应农业绿色发展水平各系统之间的耦合作用程度强度。耦合度越大，表明农业绿色发展三个系统之间相互作用强度越强；该值越小，表明三个系统之间相互作用强度越弱。具体计算公式如下：

$$C = \left\{ \frac{U_{a1} \times U_{a2} \times \dots \times U_{an}}{\left(\frac{U_{a1} + U_{a2} + \dots + U_{an}}{r} \right)^r} \right\}^{\frac{1}{r}} \quad (8)$$

由于本研究中涉及农业资源、生态环境、社会经济 3 个子系统，因此 $r=3$ ， C 为耦合度，的取值范围在 $[0, 1]$ ，当且仅当 $U_1=U_2=U_3$ 时，农业绿色发展水平耦合度最高，取最大值 1。根据丁文广等学者^[21]，将耦合度 C 值划分为四个阶段：低水平耦合阶段（ $0.00 < C \leq 0.30$ ）、拮抗阶段（ $0.30 < C \leq 0.50$ ）、磨合阶段（ $0.50 < C \leq 0.80$ ）和高水平耦合阶段（ $0.80 < C \leq 1.00$ ）。

(2) 耦合协调度

鉴于耦合度模型只能反应各系统之间的耦合作用程度，并不能反映各系统之间的协调发展水平程度大小，难以反应系统间整体功能大小，如系统间较高耦合度也可能存在系统间各自发展水平较低情况^[22]，在此，构建一个客观反映系统间协调发展水平的耦合协调度模型是非常有必要的，以此来评价不同市级不同年份系统间交互耦合的协调程度。耦合协调度越大，表明农业绿色发展三个系统之间协调性越好；该值越小，表明三个系统之间协调性越差。耦合协调度计算公式如下：

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (9)$$

$$T = w_1 U_1 + w_2 U_2 + \dots + w_n U_n \quad (10)$$

式 (9)、(10) 中， $n=3$ ， D 为 3 个子系统的耦合协调度， C 为耦合度， T 为农业资源、生态环境、社会经济的综合协调指数， w_1 ， w_2 ， w_3 分别代表农业资源、生态环境、社会经济子系统所对应的各一级指标的权重，满足 $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ 。根据姜旭^[22]学者等相关研究，将耦合协调度模型划分为 10 个阶段（表 2）。

表 2 耦合协调度

序号	耦合协调度 D	阶段	序号	耦合协调度 D	阶段
1	$0.00 < D \leq 0.10$	极度失调	6	$0.50 < C \leq 0.60$	勉强协调
2	$0.10 < C \leq 0.20$	严重失调	7	$0.60 < C \leq 0.70$	初级协调
3	$0.20 < C \leq 0.30$	中度失调	8	$0.70 < C \leq 0.80$	中级协调
4	$0.30 < C \leq 0.40$	轻度失调	9	$0.80 < C \leq 0.90$	良好协调
5	$0.40 < C \leq 0.50$	濒临失调	10	$0.90 < C \leq 1.00$	优质协调

2 江西省各市级农业绿色发展水平评价结果分析

首先运用 *Min-Max* 标准化法，将各指标标准化，通过熵值法得到准则层和指标层的权重（表 1），再根据公式 (7) 计算得到综合系统和各子系统的综合评价指数（表 3）。

2.1 时序演化特征

从表 3 可以看出，江西省 11 个市级农业绿色发展水平显著上升，农业绿色发展综合评价指数从 2008 年的 0.280 4 上升为 2019 年的 0.441 6，年均增长 4.21%。其中，抚州、景德镇、九江、南昌、萍乡年均增长率超过江西省农业绿色发展平均水平，赣州、吉安、上饶、新余、宜春、鹰潭年均增长率低于平均水平；抚州农业绿色发展水平从 2008 年的 0.325 3 上升至 2019 年的 0.633 9，累积增加 0.308 7，年均增长 6.25%，发展速度最快；吉安农业绿色发展水平从 2008 年的 0.338 8 上升到 2019 年的 0.4372，累积上升 0.098 4，年均增长 2.34%，发展速度最慢，由于该市 2008 年农业绿色发展水平在全省各市级排名中较前，但后期发展速度缓慢，低于江西省农业绿色发展平均水平，可见，该市未来应着力于提高农业绿色发展水平，弥补农业绿色发展方面的短板。

表3 2008—2019年各市级农业绿色发展水平评价指数

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
抚州	0.325 3	0.330 6	0.376 8	0.411 4	0.434 8	0.455 0	0.500 6	0.513 3	0.5399	0.539 8	0.572 6	0.633 9
赣州	0.253 2	0.256 5	0.285 9	0.272 2	0.279 9	0.309 5	0.322 9	0.455 6	0.3354	0.348 9	0.372 4	0.378 5
吉安	0.338 8	0.335 2	0.348 4	0.366 5	0.374 8	0.386 0	0.393 4	0.400 8	0.4185	0.419 2	0.422 6	0.437 2
景德镇	0.308 8	0.296 5	0.369 7	0.379 8	0.388 2	0.416 7	0.429 2	0.440 5	0.4413	0.466 3	0.477 2	0.505 2
九江	0.254 4	0.262 6	0.283 2	0.293 4	0.302 6	0.326 9	0.333 7	0.344 6	0.3603	0.369 0	0.375 3	0.424 1
南昌	0.272 9	0.287 0	0.294 9	0.309 1	0.316 5	0.341 1	0.360 6	0.377 3	0.3939	0.398 0	0.415 7	0.439 1
萍乡	0.171 0	0.193 6	0.223 9	0.243 7	0.256 9	0.271 9	0.290 0	0.303 8	0.3156	0.328 4	0.340 9	0.400 0
上饶	0.308 3	0.308 2	0.353 8	0.370 9	0.380 8	0.433 7	0.438 6	0.441 4	0.4338	0.437 5	0.463 8	0.476 6
新余	0.250 5	0.272 7	0.289 9	0.297 6	0.318 0	0.329 7	0.321 2	0.333 8	0.3488	0.325 6	0.350 0	0.362 4
宜春	0.328 7	0.317 6	0.323 5	0.321 6	0.328 3	0.344 6	0.366 7	0.387 5	0.4010	0.409 8	0.421 2	0.424 9
鹰潭	0.272 8	0.294 4	0.280 7	0.307 4	0.312 0	0.315 5	0.330 8	0.347 8	0.3489	0.361 6	0.340 8	0.375 4
均值	0.280 4	0.286 8	0.311 9	0.324 9	0.335 7	0.357 3	0.371 6	0.395 1	0.3943	0.400 4	0.413 9	0.441 6

2.2 空间演化特征

为更直观地呈现出各地区农业绿色发展水平的变化趋势，参考吴新静等学者相关研究^[23]，该文采用四分法，将各市农业绿色发展指数按照相等间距划分，将农业发展水平分为缓慢发展水平 $[0.017 0, 0.286 7)$ 、初步发展水平 $[0.286 7, 0.402 5)$ 、快速发展水平 $[0.402 5, 0.518 2)$ 和高速发展水平 $[0.518 2, 0.633 9]$ 4个阶段。基于2008年、2012年、2016年和2019年各市农业绿色发展评价指数进行分析(图2)。

2008—2019年各市级农业绿色发展水平在各种阶段不断变化，整体朝着更高水平方向发展，农业绿色发展水平达到快速发展水平、高速发展水平的市级数量不断增多，空间上存在明显区域差异，东北区域农业绿色发展水平明显高于其它区域。2008年没有市级达到快速发展水平，初步发展水平集中在抚州、吉安、景德镇、上饶、宜春等5个市级地区。2012年抚州最先达到快速发展水平，大部分地区逐步上升迈进初步发展水平，仅有赣州、萍乡2个市级还处于缓慢发展水平阶段。2016年不低于快速发展水平阶段的地区数量明显增多，尤其是抚州唯一已达到高速发展水平阶段，快速发展水平阶段地区有吉安、上饶、景德镇3个市级，其余市级均处于初步发展水平阶段。2019年全省11个市级中不低于快速发展水平市级已达7个，抚州仍是唯一处于快速发展水平的市级，从2008—2019年以来农业绿色发展程度稳居全省首位，说明抚州在全省农业绿色发展水平处于较好状态。

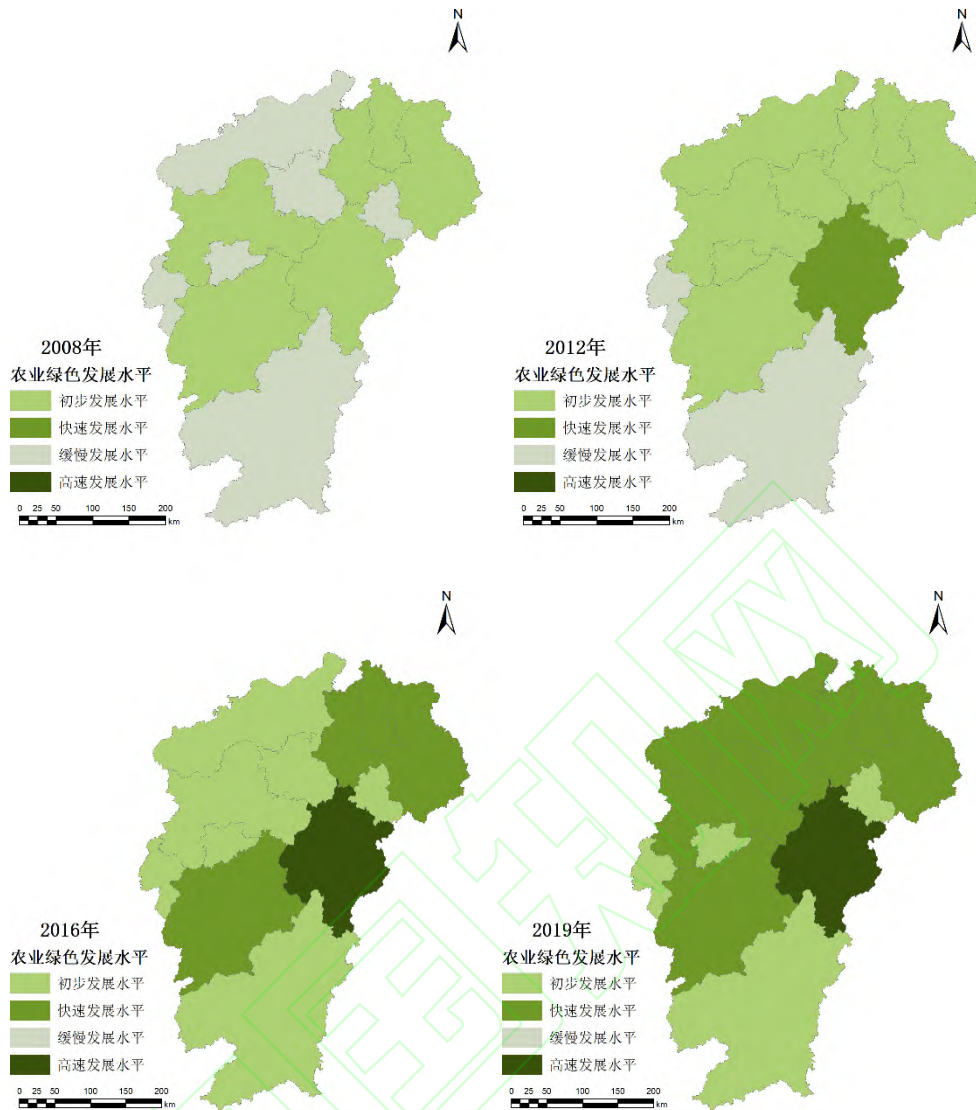


图2 各市级农业绿色发展水平空间变化特征

2.3 各市级农业绿色发展水平一级指标评价分析

农业资源系统得分最高的是抚州，为0.1434；得分最低的是萍乡，为0.0799。抚州人均播种面积达5.0244千 hm^2 /万人；耕地复种指数为1.3932；有效灌溉面积占耕地面积的比重达60.12%，是全省中比重最高的一位；单位农业总产值用水量为0.0501立方米/元；单位播种面积机械总动力为6.8465 kW/hm^2 ；劳动生产率为2.5973万元/人，处于江西省各市级农林牧渔总产值/第一产业从业人员中较高位置；农业用电强度为0.0196 $\text{kWh}/\text{元}$ ，是江西省各市级中唯一一位农业用电强度低于0.02 $\text{kWh}/\text{元}$ 的市级。萍乡人均播种面积达2.8303千 hm^2 /万人，在江西各市级中最低，也是江西各市级中唯一一个人均播种面积低于3千 hm^2 /万人的市级；耕地复种指数为1.4512；有效灌溉面积占耕地面积的比重达57.55%；单位农业总产值用水量为0.0328 $\text{m}^3/\text{元}$ ，是江西各市级中最低的；单位播种面积机械总动力为7.6767 kW/hm^2 ；劳动生产率为1.7614万元/人，仅高于上饶；农业用电强度为0.0216 $\text{kWh}/\text{元}$ 。未来萍乡市应努力降低单位农业产值用水量，提高农业用水效率，提升农业劳动生产率，发展高效型农业。

生态环境系统得分最高的是景德镇，为0.1593；得分最低的是新余，为0.0786。景德镇化肥使用强度、农药使用强度和农膜使用强度分别为0.3974 t/hm^2 、0.0165 t/hm^2 、0.0197 t/hm^2 ，

且其在全省中较低；自然保护区占辖区面积比重 10.21%，在全省中占比最高；森林覆盖率为 67.85%。景德镇生态环境系统取得良好成效，一方面与其天然的、独有的原生态环分不开，也与政府高度重视农业面源污染问题有很大关系。新余化肥使用强度、农药使用强度和农膜使用强度分别为 0.518 0 t/hm²、0.022 3 t/hm²、0.017 1 t/hm²，其中化肥使用强度和农药使用强度在全省中排名最高；自然保护区占辖区面积比重 0.88%，在全省中占比最低；森林覆盖率为 51.37%。未来新余政府应深入推进农业面源污染防治，大力开展农药化肥减施行动，积极采取农业面源污染治理与监督工作，发展生态环境友好型农业。

社会经济系统得分最高的是抚州，为 0.378 5；得分最低的是鹰潭，为 0.115 8。抚州单位面积农产品地理标志数量为 0.979 4 个/万 hm²，是全省中农产品地理标志数量最多的市级；农村居民可支配收入为 160 81 元；粮食单产为 6.472 7 t/hm²；单位播种面积农业产值为 5.169 5 万元/hm²；农林牧渔商品率为 76.7%，在全省中占比仅次于吉安、景德镇和南昌；第一产业增加值占地区生产总值比重为 14.20%，在全省中排名最前；财政支农力度为 13.03%，是 2019 年全省各市中对农业投入力度最大的市级。抚州社会经济系统得分最高得益于抚州政府结合自身地理禀赋与历史人文因素，注重于打造农产品标志，发展品牌农业，以及大力发展农业经济和重视农业投入力度。鹰潭单位面积农产品地理标志数量为 0 个/万 hm²，是目前为止江西省唯一没有农产品地理标志的市级；农村居民可支配收入为 176 68 元；粮食单产为 6.160 2 t/hm²；单位播种面积农业产值为 3.455 2 万元/hm²；农林牧渔商品率为 65.40%，在全省中最低；第一产业增加值占地区生产总值比重为 6.90%；财政支农力度为 8.48%。未来鹰潭应注重结合自身优势打造特色农产品，提升农业市场化和社会化水平，提高农林牧渔商品率，推进产业化农业和打造品牌型农业（见表 4）。

表 4 2019 年江西省各市级农业绿色发展水平一级指标评价分析

市级	农业资源		生态环境		社会经济		综合得分	排名
	得分	排名	得分	排名	得分	排名		
抚州	0.763 3	1	0.517 3	7	0.637 7	1	0.633 9	1
赣州	0.560 1	8	0.508 7	8	0.269 6	10	0.378 5	9
吉安	0.701 5	3	0.587 4	4	0.294 0	8	0.437 2	5
景德镇	0.594 1	7	0.702 0	1	0.400 3	4	0.505 2	2
九江	0.543 7	9	0.614 5	3	0.311 8	6	0.424 1	7
南昌	0.763 1	2	0.540 1	5	0.295 8	7	0.439 1	4
萍乡	0.425 3	11	0.370 1	10	0.403 5	3	0.400 0	8
上饶	0.526 4	10	0.537 6	6	0.436 9	2	0.476 6	3
新余	0.612 6	6	0.346 3	11	0.288 3	9	0.362 4	11
宜春	0.669 7	4	0.457 0	9	0.333 8	5	0.424 9	6
鹰潭	0.638 2	5	0.615 4	2	0.198 0	11	0.375 4	10

3 江西省农业绿色发展子系统耦合度及耦合协调度分析

3.1 农业绿色发展子系统耦合特征

代入综合评价指数利用公式（8）—（9）计算出“农业资源-生态环境-社会经济”系统耦合度和耦合协调度。为更好地看出 2008—2019 年江西省农业绿色发展耦合度与耦合协调度变化趋势，该文计算并利用 2008—2019 年江西省农业绿色发展耦合度与耦合协调度均值变化趋势绘制如图 3 所示。江西省各市级农业绿色发展耦合度均值始终处于高耦合水平阶段，耦合度指数变化不大，均高于 0.80，说明江西省各市级系统间相互作用程度关系十分明显，系统整体

水平有序发展。江西省各市级农业绿色发展耦合协调度均值呈现上升趋势，耦合协调度指数从 0.495 5 上升至 0.648 3，从较不协调阶段发展到基本协调阶段。随着农业系统内部耦合度保持高耦合水平阶段且耦合协调度逐年稳定提升，江西省农业绿色发展水平整体持续提升。

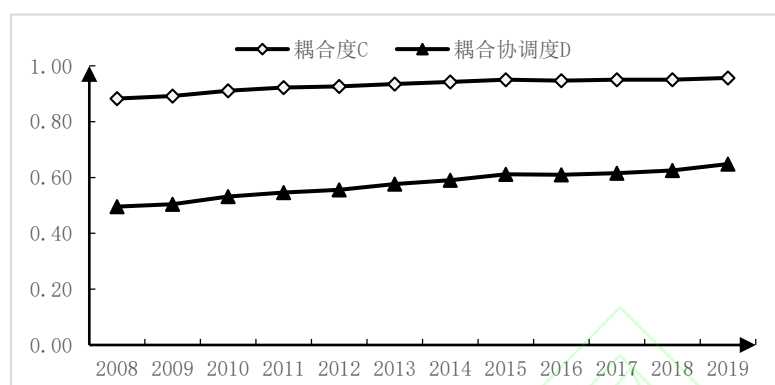


图 3 2008—2019 年子系统耦合和耦合协调度平均值变化特征

3.2 农业绿色发展子系统耦合时序特征

从表 5 可知，2008—2019 年江西省 11 个市级农业绿色发展子系统耦合度指数总体呈现上升趋势，耦合程度均处于高耦合水平阶段，但耦合度位序变化较大，其中赣州、吉安和景德镇等 3 个市级变化较大。抚州、赣州、吉安、南昌、宜春和鹰潭等 6 个市级位序排名出现下降，其余市级位序排名出现上升。与 2008 年相比，2019 年耦合度指数除赣州之外均有不同程度的增加，说明各市级农业绿色发展系统整体水平向更有序方向发展。各市级耦合协调度指数均呈现增长态势，耦合协调度位序变化不明显。2008 年只有萍乡处于轻度失调阶段，赣州、九江、南昌、新余和鹰潭等 5 个市级处于濒临失调阶段，其余 5 个市级处于勉强协调阶段。与 2008 年相比，2019 年全省 11 个市级耦合协调度指数均有所上升，新余和鹰潭处于勉强协调阶段，抚州和景德镇处于中级协调阶段，其余 7 个市级处于初级协调阶段，说明各市级农业绿色发展子系统间的协调发展性持续提高。

表 5 2008—2019 年各市级耦合度与耦合协调度位序变化分析

市级	耦合度 C					耦合协调度 D				
	2008		2019		位序变化	2008		2019		位序变化
	得分	排名	得分	排名		得分	排名	得分	排名	
抚州	0.947 7	2	0.987 5	3	-1	0.555 2	2	0.791 2	1	1
赣州	0.957 0	1	0.952 9	7	-6	0.492 2	6	0.600 5	9	-3
吉安	0.925 5	4	0.937 8	9	-5	0.560 0	1	0.640 3	4	-3
景德镇	0.826 5	9	0.973 8	4	5	0.505 2	5	0.701 4	2	3
九江	0.851 2	7	0.960 3	5	2	0.465 3	9	0.638 2	7	2
南昌	0.827 7	8	0.930 3	10	-2	0.475 3	7	0.639 1	5	2
萍乡	0.911 5	5	0.998 4	1	4	0.394 8	11	0.632 0	8	3
上饶	0.887 0	6	0.995 8	2	4	0.523 0	4	0.688 9	3	1
新余	0.819 4	11	0.947 7	8	3	0.453 0	10	0.586 1	10	0
宜春	0.933 9	3	0.960 3	6	-3	0.554 0	3	0.638 8	6	-3
鹰潭	0.819 6	10	0.882 1	11	-1	0.472 8	8	0.575 5	11	-3

3.3 农业绿色发展子系统耦合空间特征

基于 2008 年、2012 年、2016 年和 2019 年 4 个时间截面耦合协调度数据，绘制农业绿色发展子系统耦合协调度空间演化图（图 4）。由该 4 个时间截面耦合数据中各市级耦合协调度阶段变化趋势可以看出，2008—2019 年江西省各市级从失调阶段向协调阶段有序发展，不断协调发展的实际数量不断增多，可见江西省农业资源、生态环境、社会经济系统之间的协调性不断增强，农业绿色发展协调性水平不断提升。

2008 年江西省处于轻度失调阶段的市级只有萍乡，处于濒临失调阶段的有赣州、九江、南昌、新余、鹰潭，处于勉强协调阶段的有抚州、吉安、景德镇、上饶、宜春。2012 年没有处于轻度失调的市级，仅有萍乡和鹰潭 2 个处于濒临失调阶段，其余地区都处于协调阶段，且抚州是唯一一个迈入初级协调阶段的市级。2016 年没有市级都处于失调阶段，吉安、景德镇、新余、鹰潭处于勉强协调阶段，赣州、九江、南昌、萍乡、上饶、宜春处于初级协调阶段，抚州又一次成为唯一一个处于中级协调阶段的市级。2019 年不低于初级协调阶段的市级有 9 个，其中抚州和景德镇 2 个市级处于中级协调阶段。

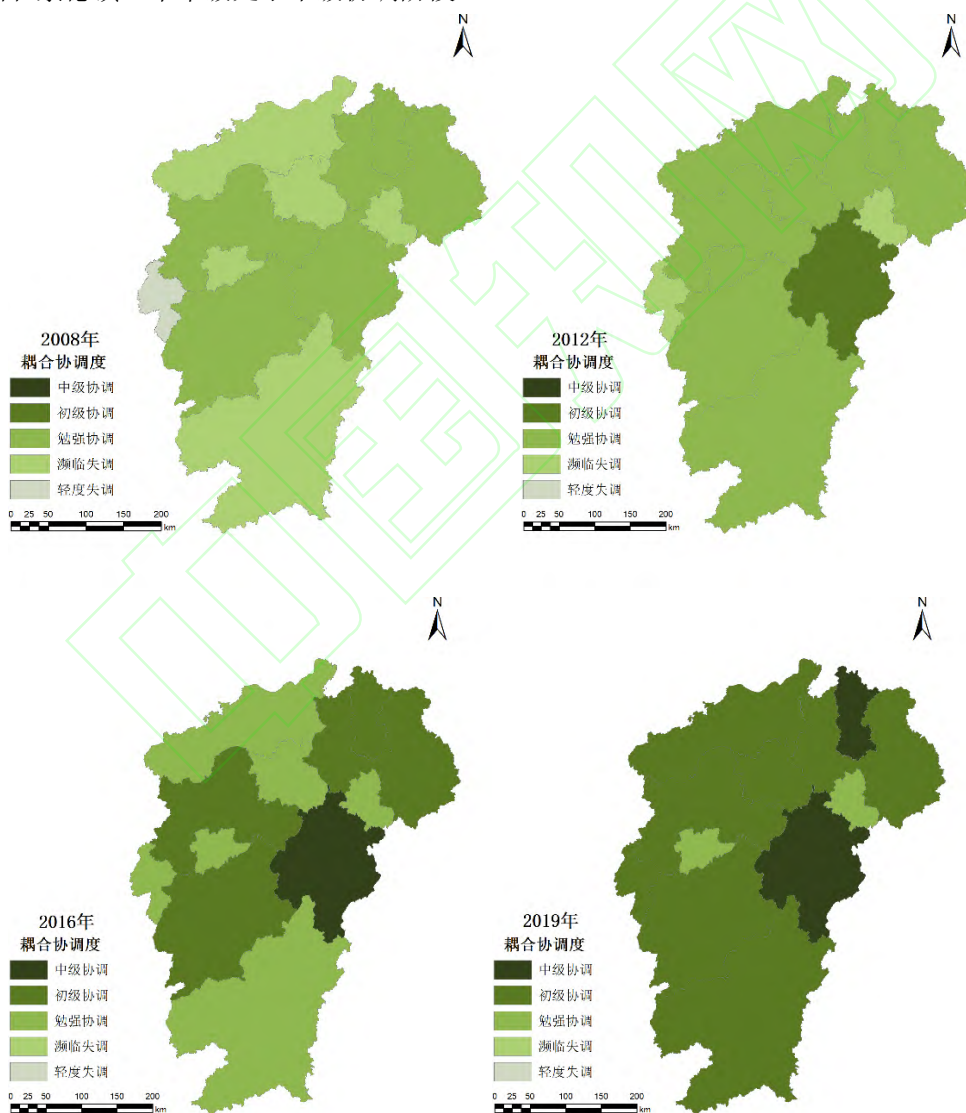


图 4 各市级农业绿色发展耦合协调度变化特征

4 结论与建议

4.1 结论

该文通过构建农业资源、生态环境和社会经济的评价指标体系,运用熵值法与耦合协调度模型探究 2008—2019 年江西省农业绿色发展的耦合关系及其时空演绎规律,得出以下结论。

(1) 时序特征上,2018—2019 年江西省各市级农业绿色发展水平有序方向发展,综合评价指数逐年稳步上升,农业绿色发展综合评价指数平均水平从 0.280 4 上升为 0.441 6,年均增长 4.21%,其中,抚州、景德镇、九江、南昌、萍乡年均增长率超过江西省农业绿色发展平均水平,抚州农业绿色发展水平年均增长 6.25%,发展速度最快,吉安农业绿色发展水平年均增长 2.34%,发展速度最慢。空间特征上,各市级农业绿色发展水平在各种阶段不断变化,农业绿色发展水平达到快速发展水平、高速发展水平的市级数量不断增多,整体朝着更高水平方向发展,空间上也存在明显区域差异,东北区域农业绿色发展水平明显高于其它区域。

(2) 从各系统来看,2019 年江西省各市级农业绿色发展过程中在农业资源、生态环境、社会经济子系统间各有短板和优势。农业资源系统得分最高的是抚州,为 0.143 4;得分最低的是萍乡,为 0.079 9,表现为单位农业产值用水量较低。生态环境系统得分最高的是景德镇,为 0.159 3;得分最低的是新余,为 0.078 6,表现为化肥、农药和农膜使用强度较高。社会经济系统得分最高的是抚州,为 0.378 5;得分最低的是鹰潭,为 0.115 8,表现为单位面积农产品地理标志数量过少,农林牧渔商品率较低。

(3) 2008—2019 年江西省各市耦合度始终处于高耦合水平阶段,均高于 0.8,说明江西省各市级系统间相互作用程度关系十分明显。江西省各市级农业绿色发展耦合协调度均值指数从 0.495 5 上升至 0.648 3,且各市级经历了轻度失调、濒临失调等失调阶段到勉强协调、初级协调和中级协调等协调阶段,不断协调发展的市级数量不断增多,可见江西省农业资源、生态环境、社会经济系统之间的协调性在不断增强,农业绿色发展协调性水平从失调阶段向协调阶段有序方向发展。

4.2 建议

该文运用熵值法和耦合协调模型探求江西省农业资源-生态环境-社会经济耦合协调发展规律,发现江西省农业绿色发展水平虽然呈现稳步上升的态势,但仍然有很大的提升空间;11 个市级在农业绿色发展过程中呈现出明显地区域差异;各市级在农业资源、生态环境、社会经济子系统间各有短板和优势。为此,提出以下几点建议。

(1) 寻求农业资源-生态环境-社会经济协同发展最大化。以江西省优越的地理优势和资源禀赋等资源承载力为基准,以农业机械化、农业组织化、农业产业化等现代技术为依托,以保护生态环境、尊重自然为前提,大力发展地区社会经济,探寻农业可持续发展过程,实现农业资源利用高效要运用协调发展理论强化对不协调区域农业绿色发展的支持和引导,如通过实施区域农业协调发展战略,自然资源优势地区与经济优势地区合作互补,结合各方位和角度研究农业如何绿色发展,实现各区域更加公平、效率和更可持续的发展,进而实现农业资源利用高效、生态环境绿色友好,社会经济稳步发展的目标,才能促进经济社会、资源、环境在空间上均衡,成为农业绿色发展的“领跑者”。

(2) 制定区域差异化政策,缩小各市级间农业绿色发展差距。由上文分析可知,位于江西省东北区域农业绿色发展水平明显高于其它区域,且各市级在农业资源、生态环境、社会经济子系统间各有短板和优势。省政府应侧重于加大支持农业绿色发展水平薄弱地区,如农业绿色发展最快的抚州市在农业资源、社会经济方面具有比较优势,但其在生态环境方面表现较差,化肥、农药、农膜使用强度偏高;新余市的农业资源总量少,经济体量小,尤其生态环境方面更是在全省中表现最差,因此,未来应深入推进农业面源污染防治,大力开展农药化肥减施行动,积极采取农业面源污染治理与监督工作,发展生态环境友好型农业是关键。上饶市的生态环境、社会经济方面表现突出,但在农业资源方面有待提升,单位播种面积机械总动力和全员

劳动生产率偏小,未来应注重提升农业技术的推广和扩散,提升劳动生产率。农业绿色发展水平较低的鹰潭市的农业资源、生态环境方面发展较好,但社会经济方面仍有较大提升空间,如单位面积农产品地理标志数量过少,农林牧渔商品率较低。因此,不同市级在发挥自身比较优势的同时,应积极与省级层面对接沟通,量身定制开展差异化政策,着力弥补农业绿色发展过程中的短板,高效提升全省农业绿色发展水平。

(3) 政府、农业生产者、消费者等多元主体联合推动农业绿色发展。一是制度供给与政府治理。制度经济学认为不同制度结构会形成不同的激励结构,产生不同经济绩效结果,有为政府是推进农业绿色发展不可或缺的支撑力量^[24]。政府应从制度层面构建以绿色生产为导向的农业生产观,着力推动农业绿色发展,在充分发挥市场对农业资源配置作用之外,加大财政对农业科技的投入力度,组织科研院所、大专院校及农业企业的科研力量开展联合攻关农业生产当中的关键技术问题,以龙头企业为着力点,引导鼓励社会资金流向农业科技,作为政府财政对农业科技投入的有效补充力量。除此之外,引导和支持农业绿色发展相关工作,如支持农产品地理标志认定工作,开展农产品地理标志示范基地,打造农产品品牌价值。二是农业生产者绿色生产方式。以现代技术为依托,推进农业绿色生产社会化服务化精准化供给,如向农户推广无人机植保、测土配方施肥等绿色生产技术,提高农业绿色生产率^[25];推进农业废弃物资源再利用,打造出“种养循环”绿色生态农业,实现农产品绿色生产过程全产业链。三是消费者应树立绿色消费观。加大推广农产品产地标签制度,使消费者们认清食品安全性的危害,提高对绿色农产品标识的认知能力,扩大消费者对安全食品的需求^[26],运用市场机制倒逼食品生产企业提高产品质量标准,从而达到绿色生产的目的。

参考文献

- [1] 于法稳.新时代农业绿色发展动因、核心及对策研究[J].中国农村经济,2018(05):19-34.
- [2] 金赛美.中国省际农业绿色发展水平及区域差异评价[J].求索,2019(02):89-95.
- [3] 张茹,张德华.中国农业绿色发展与经济增长的耦合关系研究[J].技术经济与管理研究,2021(12):98-102.
- [4] 赵会杰,于法稳.基于熵值法的粮食主产区农业绿色发展水平评价[J].改革,2019(11):136-146.
- [5] 窦艳芬,赵广,姜岩.天津市农业绿色发展水平的综合评价[J].中国农机化学报,2021,42(01):159-165.
- [6] 余永琦,王长松,彭柳林,等.基于熵权 TOPSIS 模型的农业绿色发展水平评价与障碍因素分析——以江西省为例[J].中国农业资源与区划,2022,43(02):187-196.
- [7] 贾云飞,赵勃霖,何泽军,等.南省农业绿色发展评价及推进方向研究[J].河南农业大学学报,2019,53(05):823-830.
- [8] 涂正革,甘天琦.中国农业绿色发展的区域差异及动力研究[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2019,72(03):165-178.
- [9] 靖培星,赵伟峰,郑谦,等.安徽省农业绿色发展水平动态预测及路径研究[J].中国农业资源与区划,2018,39(10):51-56.
- [10] 张乃明,张丽,赵宏,等.农业绿色发展评价指标体系的构建与应用[J].生态经济,2018,34(11):21-24+46.
- [11] 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,2015,17(04):135-142.
- [12] 姜文来,罗其友.区域农业资源可持续利用系统评价模型[J].经济地理,2000,20(03):78-81.
- [13] 鲍宜周.农业资源环境与区域经济协调发展机制研究[J].农业经济,2021(01):33-34.
- [14] 刘小林.区域人口、资源、环境与经济系统协调发展的定量评价[J].统计与决策,2007(01):64-65.
- [15] 魏琦,张斌,金书秦.中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究[J].农业经济问题,2018(11):11-20.
- [16] 孙炜琳,王瑞波,姜茜,等.农业绿色发展的内涵与评价研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(04):14-21.
- [17] 魏琦,张斌,金书秦.中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究[J].农业经济问题,2018(11):11-20.
- [18] 巩前文,李学敏.农业绿色发展指数构建与测度:2005—2018年[J].改革,2020(01):133-145.
- [19] 张建杰,崔石磊,马林,等.中国农业绿色发展指标体系的构建与例证[J].中国生态农业学报(中英文),2020,28(08):1113-1126.
- [20] 姜旭,卢新海.长江中游城市群城镇化与人居环境耦合协调的时空特征研究[J].中国土地科学,2020,34(01):25-33.
- [21] 丁文广,刘兴德,耿颖颖,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,2019,40(03):61-69+129.
- [22] 杨慧.基于耦合协调度模型的京津冀13市基础设施一体化研究[J].经济与管理,2020,34(02):15-24.

- [23] 吴新静,李铜山.乡村振兴背景下乡村人口—经济—土地空间集聚及耦合协调发展研究——以河南省为例[J].湖北社会科学, 2019(06): 61-69.
- [24] 韩晶,蓝庆新.新发展阶段绿色发展的理论逻辑与实践路径[J].北京师范大学学报(社会科学版),2022(02):5-16.
- [25] 李翠霞,许佳彬,王洋.农业绿色生产社会化服务能提高农业绿色生产率吗[J].农业技术经济,2021(09):36-49.
- [26] 马骥,秦富.消费者对安全农产品的认知能力及其影响因素——基于北京市城镇消费者有机农产品消费行为的实证分析[J].中国农村经济,2009(05):26-34.

COUPLING COORDINATION DEGREE OF RESOURCE- ENVIRONMENT-ECONOMY UNDER THE BACKGROUND OF GREEN AGRICULTURAL DEVELOPMENT*

—A CASE STUDY OF JIANGXI PROVINCE

Wang Huogen¹, Hu Shuang¹

(1. School of Economics and Management, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract This paper is to explore the coordinated development rules among agricultural resources, ecological environment and economic society in Jiangxi Province, and provide a theoretical foundation for promoting the level of green agricultural development. By using the entropy method and coupling coordination model, this research constructed evaluation index systems with twenty indicators in three dimensions for agricultural resources, ecological environment and economic society system of Jiangxi Province, and analyzed the coupling and coordination relationship of agricultural green development and its spatio-temporal characteristics in 11 Jiangxi province cities from 2008 to 2019. The results showed that: (1) In terms of chronological characteristics, the overall level of agricultural green development in each municipal level in Jiangxi Province presented the rising trend year after year with the comprehensive evaluation index of agricultural green development increasing from 0.280 4 in 2008 to 0.441 6 in 2019; in terms of spatial characteristics, the number of municipalities with the high level of green agricultural development continued to increase so that the overall development level was continuously improved, and the level of green agricultural development in the northeastern region is significantly higher than that in other regions. (2) In the process of green agricultural development, each municipality in Jiangxi Province had its own shortcomings and strengths in agricultural resources, ecological environment and economic society subsystems in 2019. The highest scores of agricultural resources, ecological environment and economic society were Fuzhou, Jingdezhen and Fuzhou respectively; The lowest scores were Pingxiang, Xinyu and Yingtan respectively. (3) The coupling degree of agricultural green development of each municipality in Jiangxi Province was at the high coupling level, and the coupling coordination degree has progressed from mild disorder to moderate coordination. Consequently, the general level of agricultural green development in Jiangxi Province orderly rise, but there is still much room for improvement.

Keywords Jiangxi province; green development of agriculture; evaluation index system; entropy method; coupling coordination degree