

DOI: 10.5846/stxb201211281696

唐婷, 李超, 张雷, 吕坤, 周治国. 江苏省区域农业生态经济的时空变异分析. 生态学报, 2014, 34(14): 4025-4036.

Tang T, Li C, Zhang L, Lü K, Zhou Z G. Analysis the temporal and spatial change of regional agriculture ecological economic in Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(14): 4025-4036.

江苏省区域农业生态经济的时空变异分析

唐 婷, 李 超, 张 雷, 吕 坤, 周治国*

(南京农业大学, 农业部南方作物生理生态重点开放实验室, 南京 210095)

摘要:以江苏省徐连、沿海、宁镇扬、沿江和太湖 5 个经济区及其 9 个代表县市区域为研究对象, 基于“社会-生态-经济”的系统分析, 建立了包括目标层、准则层和指标层 3 个层次多指标的农业生态经济综合评价指标体系, 采用主成分分析方法对评价指标体系进行检验、筛选, 并以江苏省为案例, 综合分析了农业生态经济系统的时空变异特征。结果表明: 江苏省农业生态经济发展水平的时空变异明显, 空间上, 徐连、沿海、宁镇扬、沿江和太湖 5 个经济区表现出由北向南逐渐上升的趋势, 且随着时间的推移逐渐上升; 时间上, 徐连和太湖经济区农业生态经济发展水平在 1999—2008 年间呈持续上升, 处于良好或优质协调状态。虽然两经济区的农业生态环境-经济发展协调发展水平均较高, 但差距较大, 徐连和太湖经济区的农业生态环境-经济发展协调度从 1999 年到 2008 年呈逐渐下降趋势, 但总体上仍处于良好或优质协调状态。

关键词:区域农业; 生态经济; 时空变异; 模型; 评价

Analysis the temporal and spatial change of regional agriculture ecological economic in Jiangsu Province

TANG Ting, LI Chao, ZHANG Lei, LÜ Kun, ZHOU Zhiguo*

Ministry of Agriculture Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology in Southern China, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: According to sustainable development theory, environment carrying-capacity theory, and major eco-environment issues, index systems for assessing spatiotemporal variation of the regional agriculture ecological economy were established. This was done by combining agriculture ecological environmental quality and the ecological economy, along with synthesizing the ecological environment, society and economy. We took different economic zones and cities of Jiangsu Province in China as an example. An indicator system was constituted by the level of ecological economic sub-system sustainable development (target arrangement), agricultural environment status, agricultural society status, and agricultural economic status (rule arrangement). We used 14 indicators (indicator arrangement). These included the following: agricultural ecological environmental index, regional population size (inhabitants per km²), proportion of agricultural laborers, average per capita amount of arable land, electricity consumption per gross agricultural output value, total power of agricultural machines per hm², true irrigation area, grain per capita, grain yield per hm² of arable land, per capita average GDP of agriculture, net income per villager, agriculture production value per hm² of arable land, agriculture production value proportion of village production value, fiscal support expenditure in agriculture as a proportion of financial expenditure.

In view of the complex relationship between agricultural ecosystems and environmental, social, economic and human factors, assessment models of the agriculture ecological economy were developed, and the spatiotemporal variation of

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目

收稿日期: 2012-11-28; 网络出版日期: 2014-02-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: giscott@njau.edu.cn

regional agriculture ecological economics was analyzed on the scales of city and economic zone. The spatiotemporal variability of agricultural ecosystems was evaluated for five major economic areas of Jiangsu Province and nine representative cities, which constituted the study area. The results indicated a clear spatiotemporal variation of agro-ecological economic development, and the agro-ecological economic harmonized index of Xulian, Yanhai, Ningzhenyang, Yanjiang and Taihu economic zones showed significant spatial increases from north to south across the province, with gradual increases over the years. Temporally, the development level of the agricultural ecological economy of Xulian and Taihu economic zones increased gradually from 1999 through 2008, and these persisted in good or excellent coordinative condition. The agriculture ecological environment quality index and ecological economic development level were combined in order to assess the development tendency and ability of the agricultural ecological system, through the level of harmony between the agricultural ecological environment quality and the agricultural ecological economy. The coordination development levels of agricultural eco-environment and economy of the Xulian and Taihu economic zones were both high; these levels decreased from 1999 to 2008, but maintained good or excellent coordinative conditions. At the same time, the present work presents a series of counter measurements to achieve regional agro-ecosystem sustainable development, through analyzing the coordinated development status between agriculture ecological environment quality and ecological economy of the various economic zones. However, the analysis methods and measurements in this research continued to be based on static indicators and current state, and may have several limitations for research on the future trend of Jiangsu Province ecological environment quality, economic development, and their relationships. These limitations need to be addressed in future studies.

Key Words: regional agriculture; ecological economy; spatial and temporal variation; model; assessment

农业生态系统是一个自然-社会-经济复合生态系统,包括诸如土地、劳力、资本、管理及各种投入等一系列与农业有关的因素,其运行与调控既要遵循自然生态系统的原理,又要满足社会经济发展的需求。农业生态经济系统是在人类活动干预下,农业生物与非生物环境之间相互作用形成的一个有机综合体,是一个“社会-经济-自然复合生态系统”^[1-5]。近年来,国内外围绕“社会-经济-自然复合生态系统”展开了广泛的研究,在设计农业生态经济指标时,已不再局限于单纯完善评价指标,而是侧重于指标之间的互作及模型应用的研究^[6-12],但其评价指标体系大多针对某一特定的区域而定,对不同区域之间的对比研究较少。王继军等^[13]利用层次分析法从生态经济、经济效益和综合功能方面建立了农业生态经济指标体系,这些研究均符合了各自的研究区域的现实需要。而关于农业生态经济时间变化方面的研究则鲜有报道,仅部分学者通过构建农业生态环境评价指标体系及评价模型,对江苏省1996—2000年之间的农业生态环境质量进行了评价^[14]。

因此,本研究以江苏省徐连、沿海、宁镇扬、沿江和太湖5大农业经济区为研究区域,结合当地自然

生态、环境污染、社会经济等多方面的多年统计数据,建立区域农业生态经济评价指标体系,对区域农业生态经济整体发展的时空变异和趋势进行评价、分析,以期为促进江苏省农业生态经济的良性发展提供科学依据,也为其他区域实现农业经济的可持续发展提供理论依据和实例借鉴。

1 研究区域选择与研究方法

1.1 研究区域的选择

江苏省位于北纬30°35′—35°07′,总面积10.26×10⁴ km²,年降水量783—1167 mm,年平均气温13—16℃,气候温和,雨量适中,农业自然条件优越,是我国农业高产区 and 重要商品粮基地。全国农业资源区划办将江苏省划分为徐连、宁镇扬、沿江、两淮、太湖和沿海六大农村经济区。

为了便于资料的调查、收集以及减少统计中的工作量,考虑到自然环境条件、区域经济发展、区位条件等区内相似性和区际差异性,同时,可以涵盖江苏省所有气候类型和经济发展水平,选择邳州、新沂(徐连经济区),东台、大丰(沿海经济区),如皋、金坛(沿江经济区),兴化(宁镇扬经济区),张家港、江阴(太湖经济区)共9个具有代表性的县、市区域做

为评价单元。通过对经济区内典型县评价值加权平均,得到该经济区的评价值。

1.2 资料获取

数据来源主要包括土壤普查、地图数据和统计数据。

(1)土壤数据 主要来源于全国土壤普查数据。

(2)地图数据 主要包括江苏省行政区划图、1:100万 DEM 等专题数据。

(3)统计数据 主要来源于 1995—2008 年《江苏统计年鉴》、《江苏农村统计年鉴》及各地区的统计年鉴。

2 农业生态经济评价指标体系

2.1 农业生态经济指标的选取

农业生态经济评价指标的选取是以农业生态经济理论和系统评价原理为依据,并以能全面反映农业生态经济评价所包含的内容为目标。因此,农业生态环境指标与社会经济指标进行有机结合,才能全面反映农业生态经济系统的状态。同时,指标体

系的建立应遵循农业生态经济系统的可持续性原则、系统性和评价结构的层次性相统一原则,体现对农业生态经济要求的前瞻性和超前性。

本研究在国内外相关文献的基础上,根据《全国人民小康生活水平的基本标准》、《江苏省生态农业县建设验收评价标准及考评依据》、《江苏省全面建设小康社会主要指标》、《生态县、生态市、生态省建设指标》、《国家级生态村创建标准》等国家标准规定值,在“社会-生态-经济”系统中建立了 3 个层次的农业生态经济综合评价指标体系(表 1)。其中,区域农业生态环境质量综合评价指标体系(U)由自然环境子系统(U1)、土壤生态状况子系统(U2)和环境污染子系统(U3)3 部分组成。其中自然环境子系统包括:≥10℃活动积温,年平均气温,年降水量,年日照时数,植被覆盖率,土地复种指数 6 个指标;土壤生态状况子系统包括:水土流失量,土壤 pH 值,土壤有机质,土壤全氮,土壤速效磷,土壤速效钾。环境污染子系统包括:化肥使用强度,工业废水排放强度,工业废水排放强度,SO₂排放强度^[15]。

表 1 区域农业生态经济综合评价指标体系
Table 1 The indicators system for assessing regional agriculture eco-economy

目标层 Target arrangement	准则层 Rule arrangement	指标层 Indicator arrangement	指标含义及作用 Meaning and role of indicator	数据来源 Database
区域农业生态经济综合指数 W Reginal agriculture ecological economy index	生态环境质量评价子系统 W1	1 农业生态环境质量评价指数	区域农业生态环境质量的状况和动态变化	[15]
	农业社会子系统 W2	2 区域人口密度	表征人口数量状况在有限的、逐步减少的农业自然资源和农业社会资源条件下,对生态环境和社会环境的压力	统计数据
		3 农村劳动力比例	反映农民就业与收入来源渠道多样化状况,也间接反映农业发展的经营规模	统计数据
		4 人均耕地面积	反映现有耕地情况	统计数据
		5 单位农业总产值用电量	反映了生态农业机械化生产水平	统计数据
	农业经济子系统 W3	6 单位面积农业机械总动力	反映了生态农业机械化生产水平	统计数据
		7 有效灌溉面积率	反映农业生产的水利化条件,同时是农业生产现代化的重要标志	统计数据
		8 人均粮食占有量	衡量农民基本物质生活保障水平的指标	统计数据
		9 单位面积耕地粮食产量	衡量农业土地的生产能力,是农业可持续发展的重要依据	统计数据
		10 区域人均 GDP	反映区域经济水平和农业经济发展的可持续性	统计数据
		11 农村居民人均年纯收入	反映农民的生活水平,衡量农民从事各项生产活动的最终成果指标	统计数据

续表

目标层 Target arrangement	准则层 Rule arrangement	指标层 Indicator arrangement	指标含义及作用 Meaning and role of indicator	数据来源 Database
		12 单位耕地面积农业产值	反映发展生态农业给农民带来的经济收入,同时是农业现代化的重要目标和标志	统计数据
		13 农业产值占农村产值的比例	反映农村发展生态农业的同时,第二、三产业的发展状况	统计数据
		14 财政支农支出占财政支出的比重	反映出政府对农业发展的重视程度	统计数据

2.2 基于主成分分析方法对农业生态经济评价指标进行验证

基于唐婷等^[15]对江苏省区域农业生态环境质量评价的研究结果,本研究同样选取江苏省 1995、

2000、2008 年的统计数据作为研究对象,采用主成分分析法,在 SPSS 软件中对区域农业生态经济评价指标进行筛选,结果如表 2。

表 2 1995、2000、2008 年区域农业生态经济评价指标主成分载荷

Table 2 Component matrix for indexes about regional agriculture eco-economy system in 1995, 2000 and 2008

指标 Indicator	1995				2000				2008			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
区域农业生态质量评价 Regional agriculture ecological environment quality	-0.883	0.264	0.164	-0.116	-0.950	-0.012	-0.145	0.050	-0.889	-0.118	-0.338	0.122
区域人口密度 Regional population size	0.208	0.586	-0.479	-0.559	0.311	0.794	-0.110	-0.266	0.507	0.840	-0.020	-0.130
农村劳动力比例 Proportion of agricultural laborer	-0.968	-0.069	-0.133	0.099	-0.991	0.101	-0.044	0.018	-0.946	0.150	0.157	-0.215
人均耕地面积 Average per capita amount of arable land	-0.395	0.247	0.800	-0.042	-0.373	0.062	0.752	0.454	-0.748	-0.017	0.468	-0.420
单位农业总产值用电量 Electricity consumption per gross agricultural output value	0.988	0.071	0.060	0.048	0.985	-0.097	-0.109	-0.043	0.898	0.084	-0.135	0.053
单位面积农业机械总动力 Total powers of agriculture machine per hm ²	0.829	0.517	0.064	0.052	0.876	0.390	0.230	-0.060	0.872	0.349	0.139	0.138
有效灌溉面积率 True irrigation area	0.219	0.785	0.446	0.227	0.661	0.492	0.228	0.314	0.754	0.555	-0.031	0.312
人均粮食占有量 Grain per capita	-0.820	0.317	0.413	-0.113	-0.572	0.023	0.566	-0.375	-0.137	-0.110	0.816	0.456
单位面积耕地粮食产量 Agriculture production value per hm ² of arable land	0.111	0.652	-0.634	-0.126	0.216	0.210	-0.351	-0.72	0.295	0.747	-0.081	-0.487
区域人均 GDP Average GDP of agriculture per capita	0.961	0.071	0.229	0.021	0.939	-0.296	0.118	0.026	0.563	-0.800	0.015	-0.136
农村居民人均年纯收入 Average per capita net income of rural residents	0.904	-0.019	0.394	-0.055	0.866	-0.415	0.255	-0.018	0.801	-0.481	0.243	0.040
单位耕地面积农业产值 Agriculture production value per hm ² of arable land	0.457	-0.800	-0.039	0.050	0.264	-0.813	-0.100	0.192	0.437	-0.580	-0.008	-0.249
农业产值占农村产值的比例 Agriculture production value occupy the scale of village production value	0.186	0.316	-0.288	0.855	-0.010	-0.087	-0.765	0.456	-0.741	0.057	-0.402	0.465
财政支农支出占财政支出的比重 Fiscal support expenditure in agriculture occupy the scale of financial expenditure	-0.672	0.126	-0.188	0.416	0.159	0.694	-0.165	0.581	-0.408	0.749	0.319	0.102

1995、2000、2008 年第一主成分分别拥有全部信息量的 48.194%、45.670%、47.225%,与农业生态质量、农村劳动力比例、单位农业总产值用电量、单位

面积农业机械总动力、有效灌溉面积率、人均粮食占有量、区域人均 GDP、农村居民人均年纯收入等 8 项指标相关性显著,表明影响区域农业生态经济发展

能力要考虑的因素较多,而决非只涉及个别的主导因素。其中,农业生态环境质量表征农业自然生态环境指标,可以反映农业生态环境质量状况;农村劳动力比例、单位农业总产值用电量、单位面积农业机械总动力、有效灌溉面积率、人均粮食占有量等指标表明社会人员、物资分配越适宜,农业生态经济发展越协调;区域人均 GDP、农村居民人均年纯收入反映区域经济水平和农业经济发展的可持续性以及农民的生活水平,并可以衡量农民从事各项生产活动的最终成果。可见,第一主成分强调了区域农业人员分配、自然环境、生态环境和经济等多方面主导因素的良好组合。

第二主成分分别拥有全部信息量的 18.954%、17.869%、25.152%,与区域人口密度、单位面积耕地粮食产量、单位耕地面积农业产值、财政支农支出占财政支出的比重等 4 项指标存在显著的相关性。区域人口密度表征人口数量状况在有限的、逐步减少的农业自然资源和农业社会资源条件下,对生态环境和社会环境的压力,是反映人类农业生产活动对农业生态环境影响的因素;单位面积耕地粮食产量、单位耕地面积农业产值表征农业劳动经济的产出,反映农业生产的水利化条件,同时也是农业生产现代化的重要标志;财政支农支出占财政支出的比重从财政支持方面说明与农业生态经济的关系。因此,第二主成分强调人在农业中的重要地位和财政支持对农业生态经济的影响。

第三主成分分别拥有全部信息量的 14.431%、13.312%、9.944%,与人均耕地面积存在显著的相关

关系,强调现有耕地情况、农民基本物质生活保障水平和发展生态农业给农民带来的经济收入水平对农业生态经济的影响。

第四主成分分别拥有全部信息量的 9.521%、11.619%、8.058%,与农业产值占农村产值的比例密切相关,主要强调农业产出对农业生态经济的影响,反映农村发展生态农业的同时第二、三产业的发展状况。

在 1995、2000、2008 年 3a 的主成分分析中,所有指标均达到了主成分载荷标准,前 4 个主成分的累计贡献率均超过了一般标准(85%),信息的损失量极少,故对前 4 个主成分的分析结果可以作为新的综合因子体系,来反映区域农业生态经济发展现状。

2.3 农业生态经济评价指标权重的确定

采用层次分析法确定农业生态经济评价指标的权重系数,将评价系统的有关方案的各种要素分解成若干层次,并以同一层次的各种要素按照上一层要素为准则,进行两两判断比较并计算出各要素的权重。将农业生态系统作为一个复杂系统进行评价。首先要把复杂问题分解为不同的层次,建立由目标层、准则层和指标层的层次结构模型,其次,结合该地区的发展现状值,根据数据资料、专家意见和作者的认识,构建判断矩阵,根据确定的判断矩阵,计算出判断矩阵的最大特征值和特征向量,再对所得的特征向量进行归一化处理,所得的向量分量即为所求的相应因素关于上一层因素的相对权重。通过以上对指标权重的确定方法,因地制宜地计算出区域农业生态经济评价中各指标的权重(表 3)。

表 3 区域农业生态经济评价指标权重
Table 3 Weight of indicators for assessing regional agriculture eco-economy system

目标层 Target arrangement	准则层 Rule arrangement		指标层 Indicator arrangement		
	子系统	权重	指标	权重	总权重
区域农业生态经济评价 W Reginal agriculture ecological economy index	区域农业生态环境质量子系 统 W1	0.333	农业生态环境质量评价指数	1	0.333
		0.213	区域人口密度	0.039	0.008
	农业社会子系统 W2		农村劳动力比例	0.090	0.019
			人均耕地面积	0.093	0.020
			单位农业总产值用电量	0.077	0.016
			单位面积农业机械总动力	0.225	0.048
			有效灌溉面积率	0.252	0.054
			人均粮食占有量	0.118	0.025
			单位面积耕地粮食产量	0.106	0.023
		0.454	区域人均 GDP	0.172	0.078
	农业经济子系统 W3				

续表

目标层 Target arrangement	准则层 Rule arrangement		指标层 Indicator arrangement		
	子系统	权重	指标	权重	总权重
			农村居民人均年纯收入	0.286	0.130
			单位耕地面积农业产值	0.243	0.110
			农业产值占农村产值的比例	0.203	0.092
			财政支农支出占财政支出的比重	0.097	0.044

3 农业生态经济评价模型的构建

本研究基于指标标志值建立农业生态经济评价综合模型。

3.1 评价指标的规范化处理

通常情况下,评价指标分为正向指标和逆向指标两类,其规范化处理如下:

1) 正向指标规范化:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} x_{ij}/c_i & x_{ij} < c_i \\ 1 & x_{ij} \geq c_i \end{cases} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

② 逆向指标规范化:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & x_{ij} \leq c_i \\ c_i/x_{ij} & x_{ij} > c_i \end{cases} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

式中, x_{ij} 表示第 i 个指标在第 j 层次下的原有值, C_i 表示第 i 个指标的标志值。因此得到了指标层上的规范化矩阵:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.2 农业生态经济评价模型的构建

以标志值为基准将各指标标准化^[16],进而建立

农业生态经济评价模型:

$$W = \sum_{i=1}^n A_i \times B_i \quad (4)$$

式中, W 为生态经济协调发展评价指数, A_i 代表所选取指标的标志值, B_i 为各指标的总权重, n 为评价指标数。

根据不同经济区各评价指标的权重,利用公式(4),得到各代表区域的农业生态经济协调发展水平,最后根据公式(5)得出不同经济区各年份的农业生态经济系统协调发展水平,并在 Arcgis9.2 软件支持下绘制出各代表区域及经济区各年份的农业生态经济系统协调发展变化:

$$W = \sum_{j=1}^k \frac{1}{k} W_j \quad (5)$$

式中, W 为区域生态经济协调发展评价指数, W_j 表示各县市的农业生态经济评价指数, k 为各经济区所包含的县市数。

根据标准化后的农业生态经济系统综合评价指数,结合本研究区域特点,参考国内外相关研究成果和专家意见,参照《中华人民共和国环境保护行业标准》^[17],将区域农业生态经济分为 7 级评价标准(表 4)。

表 4 区域农业生态经济系统协调发展水平分级标准

Table 4 Bank ruler of coordinated development index about regional agriculture eco-economy system

评价价值 Assessment value	<0.10	0.10—0.39	0.40—0.49	0.50—0.65	0.66—0.75	0.76—0.85	>0.85
评价标准 Assessment standard	严重失调	中度失调	轻度失调	轻度协调	中度协调	良好协调	优质协调

3.3 农业生态环境-经济协调发展评价模型

对农业生态系统与农业生态经济系统进行独立评价,可以了解各子系统内的关键问题和限制性因素,但农业生态环境子系统与农业生态经济子系统仅是农业生态系统的一部分,不能代表整个系统的

发展状况。本研究拟建立农业生态环境-经济协调发展评价模型,通过计算农业生态环境-经济协调度,评判农业生态复合系统可持续发展的能力及现状。

农业生态环境、农业生态经济系统在 t 时点的综

合发展水平分别为 U 、 W , 环境与经济系统协调发展意味着二者中任何一方的发展都促进另一方向相同的方向发展, 即 U 与 W 的相对离差系数越小, 二者发展越协调。因此协调度 C 用离差系数表示为:

$$C = \frac{S}{\frac{1}{2}(U + W)} = \frac{|U - W|}{\frac{1}{2}(U + W)} \quad (6)$$

式中, U 为农业生态环境质量指数, W 为农业生态经济指数, S 为 U 与 W 的离差系数。通过变型得:

$$C = 2 \sqrt{1 - \frac{U \times W}{\left(\frac{U + W}{2}\right)^2}} \quad (7)$$

由式 6 与 7 可知, $U > 0, W > 0$, 所以若要 C 最小的充要条件是:

$$C' = \frac{U \times W}{\left(\frac{U + W}{2}\right)^2} \Rightarrow \max \quad (8)$$

因此, 最终可定义农业生态环境-经济系统在 t

时刻的协调度为:

$$C_{(t)} = \left| \frac{U \times W}{\left(\frac{U + W}{2}\right)^2} \right|^k \quad (9)$$

式中, U 为农业生态环境质量指数, W 为农业生态经济指数, k 为辨别系数, $k \geq 2$ 。

可以证明, $0 \leq C(t) \leq 1$, 协调度 $C(t)$ 越大, 农业生态环境-经济系统越协调; 反之, 协调度 $C(t)$ 越小, 农业生态环境-经济系统越不协调; 当 $C(t)$ 为最大值 1 时, 农业生态环境与经济处于最佳协调状态。同时, 参考相关研究, 将协调度划分为表 5 所示多个等级。

根据以上模型进行区域生态环境-经济发展协调度的评价, 可以判断出不同地区或同一地区在各年度农业生态环境-经济发展的协调状况, 可进一步分析环境、经济、人口、资源及环境之间的相互影响、相互制约的关系。

表 5 协调等级的划分

Table 5 The division of the coordinated grade

协调度 Harmonious degree	<0.1	0.1—0.29	0.3—0.39	0.4—0.49	0.5—0.59	0.6—0.75	0.75—0.89	0.9—1
协调等级 Harmonious grade	严重失调	中度失调	失调	濒临失调	勉强协调	中等协调	良好协调	优质协调

4 评价结果与分析

4.1 农业生态经济的时空变异分析

分析农业生态经济系统发展趋势可知(图 1, 图

2), 不同经济区农业生态经济发展水平的差距较大, 徐连、沿海、宁镇扬、沿江和太湖 5 个经济区的农业生态经济协调指数由北向南呈逐渐上升的趋势, 徐连经济区的协调指数最低, 太湖经济区最高。

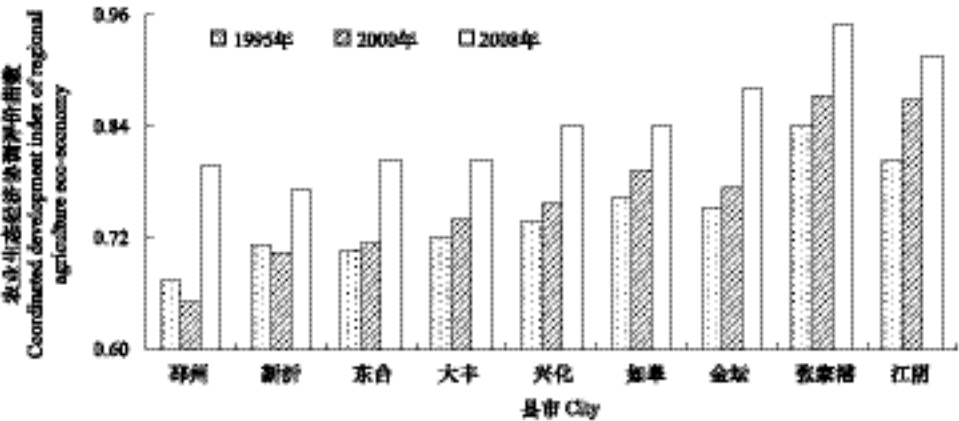


图 1 1995、2000、2008 年江苏省不同区域农业生态经济协调发展评价指数的变化

Fig.1 Changes of coordinated development index of regional agriculture eco-economy in 1995, 2000 and 2008

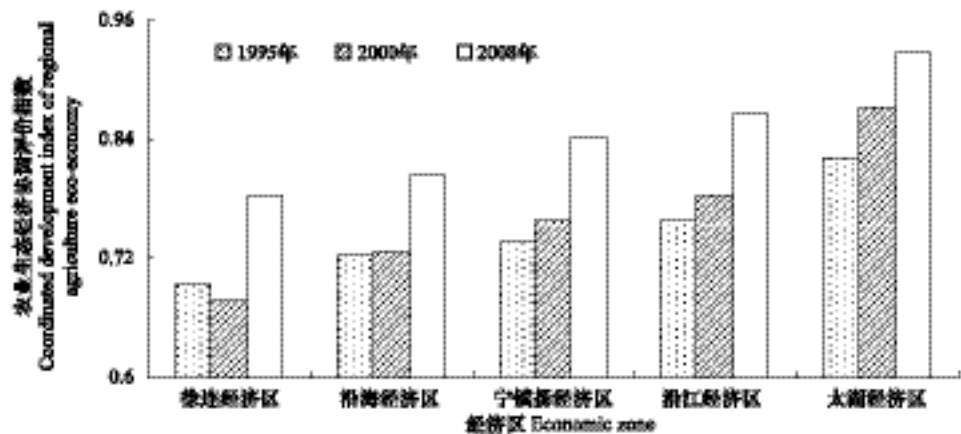


图2 1995、2000、2008年江苏省不同农业经济区农业生态经济协调发展评价指数的变化

Fig.2 Changes of coordinated development index of regional agriculture eco-economy in different agriculture economic regions in 1995, 2000 and 2008

分析图2、图3发现,江苏省5个农业经济区中9个代表县市的农业生态经济协调发展水平随时间推移均有不同层次的提高。张家港和江阴的农业生态

经济协调水平明显高于邳州、在1995—2008年期间,江苏省农业生态经济发展水平总体呈上升趋势,以太湖经济区的发展最快,逐步从1995年的良好协

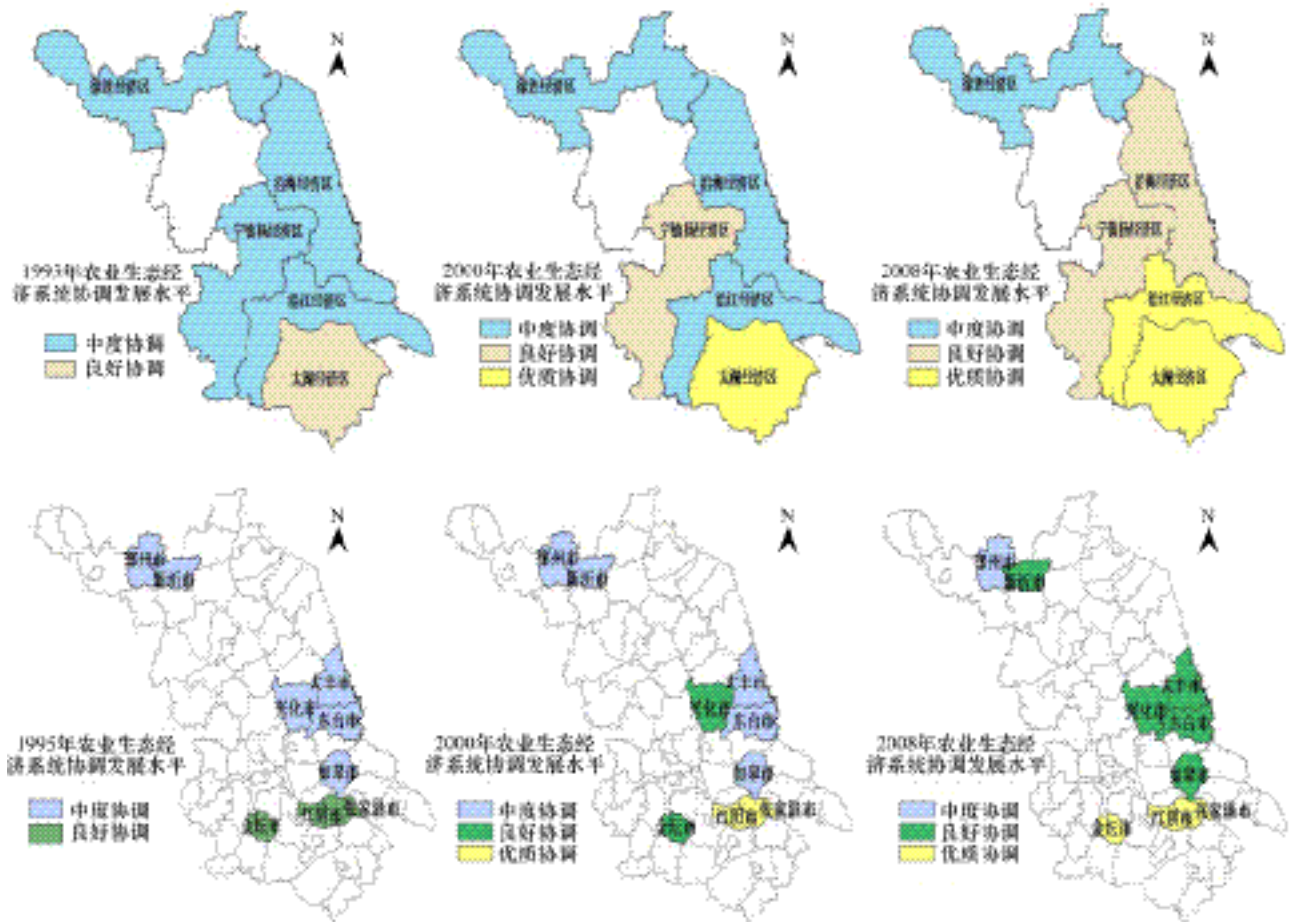


图3 1995、2000、2008年江苏省不同农业经济区农业生态经济协调发展评价指数变化图

Fig.3 Changes of coordinated development index of regional agriculture eco-economy in different agriculture economic regions in 1995, 2000 and 2008

调(0.82)向中等水平的优质协调(0.93)转变;徐连经济区的农业生态经济协调发展起点较低(0.72),发展较慢。

新沂、东台、大丰、兴化、如皋和金坛,金坛由1999年的0.75提高到2000年的0.77,再提高到2008年的0.88,成功地实现了从中度协调到良好协调、再到优质协调的转变,这与该区域农业经济投入和农业生产收入较高有关;张家港和江阴的协调水平也有较大幅度的提高,分别由1995年的良好协调(0.84、0.80),发展到2008年的优质协调(0.95、0.92);此外,邳州等6个区域均由1995年的中度协调提高到2008年良好协调。

为了弄清不同农业经济区农业生态经济协调发展的时间变化,选取农业经济差异明显的徐连经济区和太湖经济区及其代表县市邳州、新沂和张家港、江阴,深入分析两个经济区及4个代表县市1999—2008年农业生态经济协调发展水平的变化(图4)。

从图4中看出,新沂长期处于中度协调水平,2007年后才进入较低的良好协调状态(0.77),总体

发展趋势不断好转,但发展速度较慢。邳州是4个区域中起点最低但发展速度最快的,由1999年得分最低0.62,发展到2008年的0.79,成功实现了从轻度协调到中度协调、再到较高水平的良好协调的转变,并且一直保持强劲的发展态势。江阴和张家港的农业生态经济协调水平明显高于邳州和新沂,并且长期维持在较高的水平。张家港自1999年以来农业生态经济协调水平均保持逐年上升的态势,从1999年的良好协调发展到优良协调水平。江阴的波动幅度较小,生态经济协调水平较稳定,处于成熟稳健阶段。

太湖经济区农业生态经济协调发展水平明显高于徐连经济区,两经济区的农业生态经济协调发展水平差距巨大。太湖经济区的发展较为平稳,逐步从高层次的良好协调(0.84)向中等层次的优质协调(0.93)转变;徐连经济区由于历史和社会经济基础等众多因素的影响,生态经济协调发展起点较低(0.65),但是从发展趋势看,该经济区正快而稳健地发展,逐渐缩小与太湖经济区的差距。

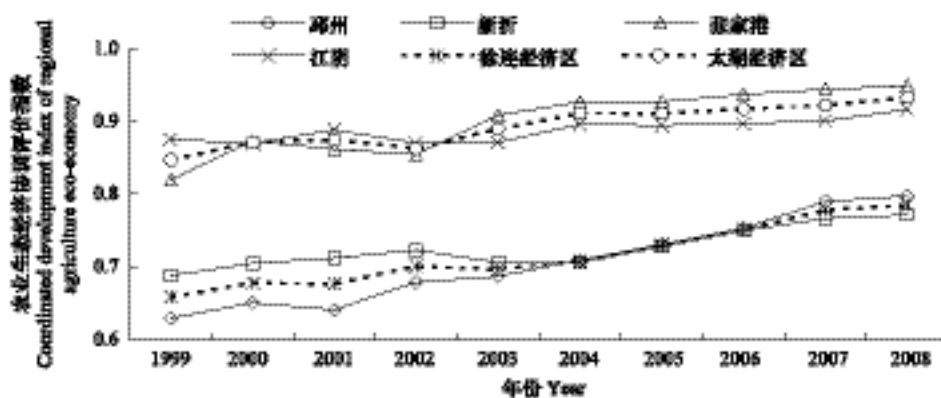


图4 1999—2008年江苏省不同农业经济区农业生态经济协调发展评价指数的变化

Fig.4 Changes of coordinated development index of agriculture eco-economy in different agricultural economic regions in Jiangsu province during 1999 to 2008

4.2 农业生态经济评价相关指标分析

由图5可知,太湖经济区农业生态经济的各项评价指标均优于徐连经济区,差异较明显。徐连经济区各项指标发展均较平稳,农民生活水平正逐渐提高,农村社会发展指数维持在0.77左右,达到较好协调水平。截至2008年,徐连经济区化肥的使用强度更是达到 $2993.25\text{kg}/\text{hm}^2$,是太湖经济区最低值的7.43倍,对生态环境构成较大的威胁,并造成农业资源的浪费。徐连经济区农业经济发展虽然起点较

低,但是发展速度较快,从1999年的轻度协调(0.49)持续发展到了2008年的初级良好协调(0.76)。但是,该区的农业经济发展与标准值之间还存在一定的差距。2008年区域人均GDP才达到12849元,仅为标准值的1/2,农村居民纯收入同样低于8000元/人的江苏省全面小康评定标准,仅为6112元/人。单位面积农业机械总动力从 $2.7\text{kW}/\text{hm}^2$ 平稳发展到 $4.5\text{kW}/\text{hm}^2$,与 $6.15\text{kW}/\text{hm}^2$ 的标准值还存在一定差距。

太湖经济区社会因素对生态经济协调有较大影响的是区域人口密度,从 10a 的统计数据看,该经济区人口密度一直保持在全国平均水平的 3 倍以上。该经济区生态水平常年维持在 0.83—0.88 之间,导致其提升速度较缓慢的原因在于该经济区内土地的复种指数和化肥的使用。该区内有一定量的土地没有得到充分重复利用,2008 年复种指数较低的地区仅为 1.51,低于 1.60 的标准水平。另外,该经济区内

化肥的平均使用强度较高,化肥的平均使用量为 557.55 kg/hm^2 ,高于标准水平 402.6 kg/hm^2 。太湖经济区农村经济发展状况良好,2008 年人均 GDP 平均水平达 179287 元/人,是江苏省全面小康水平 24000 元/人的 7.47 倍。农村居民人均年纯收入、人均粮食占有量和农业机械化水平均处于较好的发展水平。

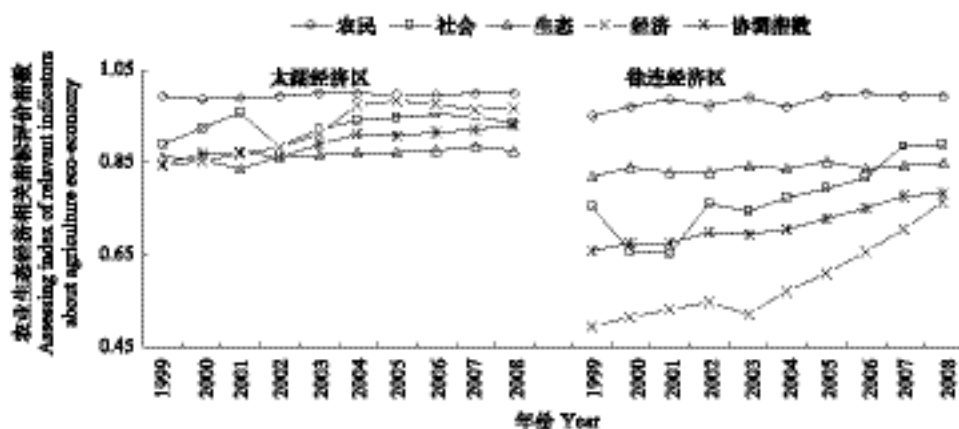


图 5 1999—2008 年区域农业生态经济协调发展评价指标的变化

Fig.5 Change of the assessing index of coordinated development about regional agriculture eco-economy during 1999 to 2008

4.3 农业生态环境-经济系统协调发展综合评价

综合评价农业生态环境-经济系统协调度可知(图 6,图 7),徐连和太湖经济区农业生态环境-经济发展协调水平均较高,但差距较大,在 1999—2008 年期间,农业生态环境-经济发展协调发展水平呈逐渐下降趋势,但仍处于良好或优质协调状态。太湖经济区 10a 间均保持良好协调状态;徐连经济区协调等级有一定的波动,其中 1999—2007 年协调度值均比上一年下降,且 2008 年下降为良好协调。与农

业生态环境质量等级图对比分析,在 1999—2008 年间,各经济区生态环境质量逐渐降低,与协调度的变化趋势一致,其原因在生态环境-经济的内部关系中,各经济区的农业生态环境质量发展水平 U 和生态经济发展水平 W 均为: $W > U$,说明社会生产经济需求的增长能力大于生态环境系统的自我更新的增量,经济发展略显超前,环境的承载力对承受经济发展对资源、能源和环境的需求稍显欠缺,农业系统实现协调发展还需要进一步关注环境的承载力。

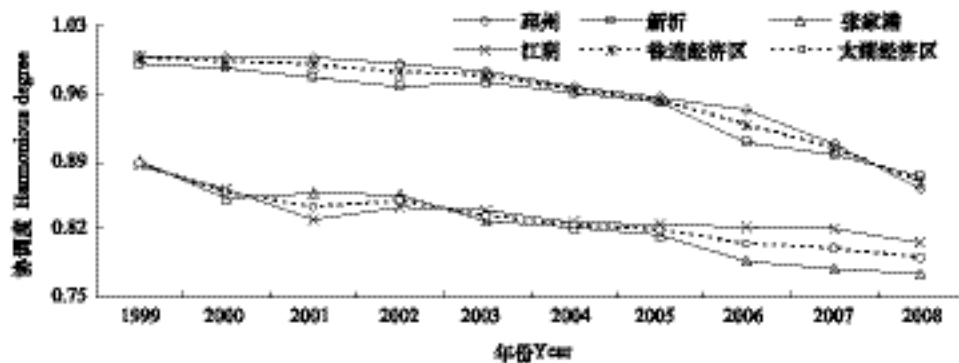


图 6 1999—2008 年区域农业生态环境-经济系统协调发展度

Fig.6 Harmonious degree between agriculture eco-environment and eco-economic system during 1999 to 2008

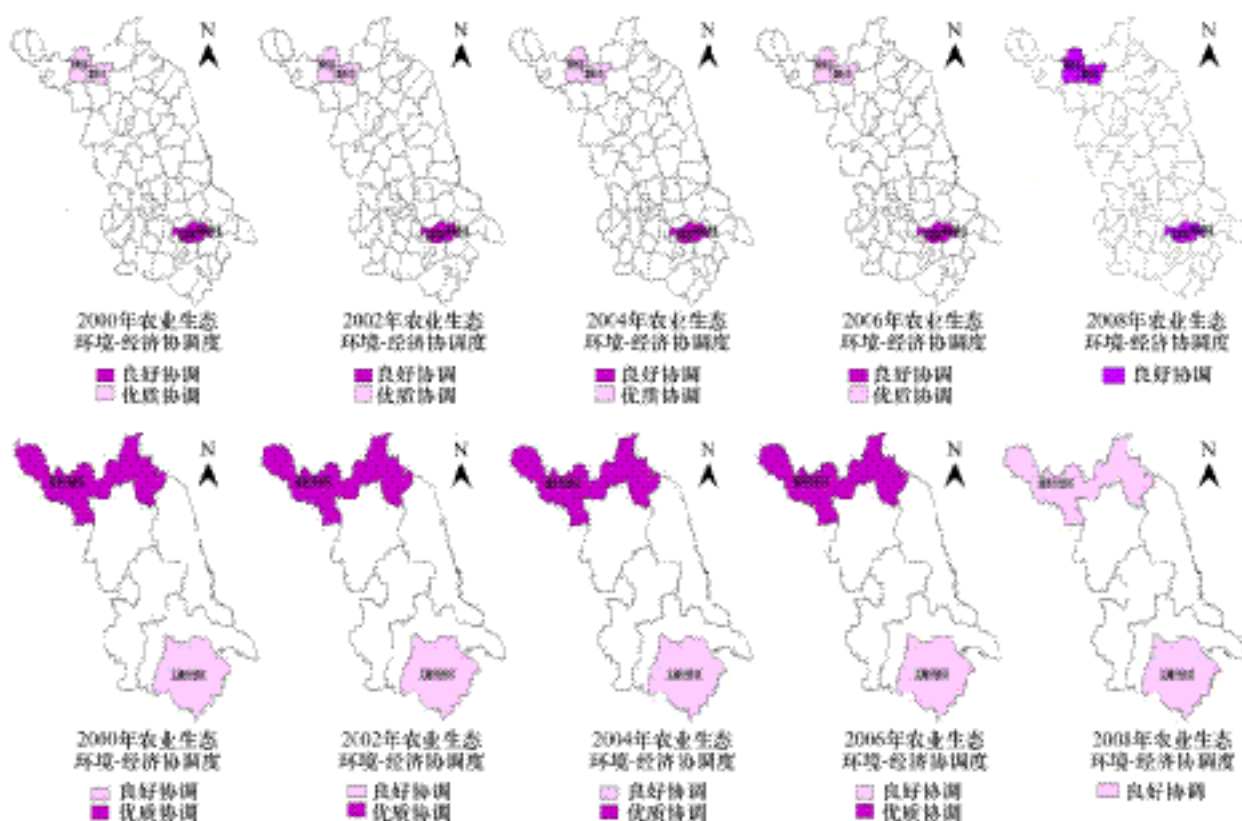


图7 1999—2008年区域农业生态环境-经济系统协调发展评价指数变化图

Fig.7 Changes of coordinated development index of regional agriculture eco-economy during 1999 to 2008

5 讨论与结论

前人的研究大都将“省域”作为一个评价单元,在全国的层面上与其他省份、国家比较其农业生态的发展能力,这样虽然兼顾了整体性,但却忽略其内部单元的异质性;或者以县或市的农业生态状况来代表整个“省域”的概况^[18-21],这样的评价未免以偏概全,不具有代表性。因此,本研究考虑区域内部单元在自然环境、社会、经济发展等方面的时空变异性,以江苏省为案例,从全国农业资源区划办对江苏省划分的徐连、宁镇扬、沿江、太湖和沿海5个经济区分选1—2个县为该经济区的代表,利用农业生态经济协调发展评价模型,分析了9个县市以及5个经济区1995、2000、2008年农业生态经济协调发展的变化。研究发现,农业生态经济发展水平随时间的变异性较大,空间上,1995、2000、2008年徐连、沿海、宁镇扬、沿江和太湖5个农业经济区的农业生态经济协调发展水平由北向南呈逐渐上升趋势,且随时间的推移逐渐上升。时间上,徐连和太湖经济

区农业生态经济发展水平在1999—2008年间呈持续上升,处于良好或优质协调状态。该评价结果与实际情况基本符合,说明本研究的研究思路、指标体系及评价模型可以用于评价同类型农业生态系统。徐连和太湖经济区农业生态环境-经济协调度均较高,但差距较大;1999—2008年农业生态环境-经济协调度呈逐渐下降趋势。而造成生态经济发展变化趋势与农业生态环境-经济协调度发展不一致的根本原因,一是太湖经济区自然条件和社会条件在全省仍都处于前列,是全省乃至全国乡镇企业发展最早、水平最高的地区之一,但由于经济发达,外来劳动力纷纷涌入,人多地少的矛盾尤为突出,能源、原材料的严重短缺,工业“三废”污染强度高,致使植被覆盖度降低和水土流失增强,很大程度上抵消了该区在自然和社会经济条件下的优势,致使农业生态环境-经济协调度呈下降趋势;另一个原因是徐连经济区内煤矿、非矿产等资源丰富,重工业发达,长期开采煤矿造成植被覆盖度降低、土壤塌陷、水土流失、土壤养分流失等一系列环境问题,农业生态环境

恶化,虽然进行了一系列的生态重建和土地复垦工程,但生态恢复需较长时间,在短期内很难得到明显改善,造成农业生态环境与农业生态经济不能较好的协调发展。

农业生态系统指标体系和评价模型的构建是综合评价的核心,是综合评价从定性走向定量的关键,其中评价指标及其权重的确定是一项复杂的工作,指标选取、度量方法、权重系数确定等会直接影响评价结果。本研究在主成分分析的基础上,筛选各指标体系,其次,利用层次分析法,充分结合该地区的发展现状值,根据数据资料、专家意见和作者的认识,确定了各指标的权重。本研究主要针对区域农业生态经济,而对于其他层次(国家、农场、农田)的农业生态经济评价的指标体系和评价方法还有必要深入研究,将时间尺度与空间尺度相结合评价农业生态系统也将是今后研究的重点和主要方向。

同时,通过分析各经济区农业生态环境质量与生态经济协调发展的状况,“因地制宜”地提出各经济区农业生态系统发展的建议。但本文的研究仍是基于静态指标的分析方法,只是一种关于现实情况的衡量,对江苏省未来生态环境质量变化、经济发展的走向及其之间的关系研究等方面存在缺陷,是今后研究中不断完善和文本有待提高之处。

References:

- [1] Niu Y Y, Ren Z Y, Yang R. The spatial-temporal analysis of harmony coefficient of agricultural eco-economic system in the region of Guanzhong. *Agricultural Research in the Arid Area*, 2010, 28(4): 243-250.
- [2] Costanza R, Daly H. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 1992, 6(1): 37-38.
- [3] Macdonald D V, Hanley N, Moffatt I. Applying the concept of natural capital criticality to regional resource management. *Ecological Economics*, 1999, 29(1): 73-76.
- [4] Deng B, Hong B Z, Long R J. Review of quantitatively analyzing regional ecological carrying capacity. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2003, 38(3): 281-289.
- [5] Li C. Assessment of Regional Agro-Ecosystem Environment and Ecological Economy Based on the GIS and Models [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008.
- [6] Altieri M A. The ecological impacts of transgenic crops on agro-ecosystem health. *Ecosystem Health*, 2000, 6: 13-23.
- [7] Altieri M A, Nicholls C I. Ecologically based pest management: A key pathway to achieving agro-ecosystem health. *Managing for Healthy Ecosystems*, 2002: 993-1004.
- [8] Sands G R, Podmore T H. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 79(1): 29-41.
- [9] Rao N H, Rogers P P. Assessment of agricultural sustainability.

Current Science, 2006, 91(4): 439-448.

- [10] Oglethorpe D R, Sanderson R A. An ecological-economic model for agri-environmental policy Analysis. *Ecological Economics*, 1999, 28(2): 245-266.
- [11] Pacini C, Wossink A, Giesen G, Huirne R. Ecological-economic modelling to support multi-objective policy making: a farming systems approach implemented for Tuscany. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2004, 102(3): 349-364.
- [12] Münier B, Pedersen K B, Schou J S. Combined ecological and economic modelling in agricultural land use scenarios. *Ecological Modeling*, 2004, 174(1/2): 5-18.
- [13] Wang J J, Zheng K, Zheng S Q, Peng K S. The index system of reviewing effects of ecological agriculture construction in the medium scale areas. *Research of Soil and Water Conservation*, 2000, 7(3): 243-247.
- [14] Li C, Sha W S, Min Y, Zhu L. Regional agriculture eco-environmental quality evaluation — a case in Jiangsu Province. *Ecological Economy*, 2009, 1: 200-203.
- [15] Tang T. Study on the Spatial and temporal variation of regional agriculture ecological environment quality and ecological economy. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [16] Xie H L, Li B, Wang C S, Yang B, Zhang X S. Agroecosystem health assessment in western China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 3028-3036.
- [17] Technical criterion for eco-environmental status evaluation, HJ/T 192—2006. The people's Republic of China environment protection industry standard.
- [18] Liu X W. Agricultural ecological environmental quality assessment of typical country in Yangtze river delta. *Systems Engineering-Theory and Practice*, 2006, (6): 133-138.
- [19] Mysz A T, Maurice C G, Beltran R F, Cipollini K A, Perrecone J P, Rodriguez K M, White M L. A targeting approach for ecosystem protection. *Environmental Science and Policy*, 2000, 3(6): 347-356.
- [20] Fuhrer J, Booker F. Ecological issues related to ozone: agricultural issues. *Environment International*, 2003, 29(2/3): 141-154.
- [21] Adamsa R M, Horst R L J. Future directions in air quality research: economic issues. *Environment International*, 2003, 29(2/3): 289-302.

参考文献:

- [1] 牛媛媛,任志远,杨忍. 关中地区农业生态经济系统协调度时空动态分析. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(4): 243-250.
- [4] 邓波,洪绶曾,龙瑞军. 区域生态承载力量化方法研究述评. *甘肃农业大学学报*, 2003, 38(3): 281-289.
- [5] 李超. 基于 GIS 与模型的区域农业生态环境与生态经济评价 [D]. 南京:南京农业大学, 2008.
- [13] 王继军,郑科,郑世清,彭珂珊. 中尺度生态农业建设效益评价指标体系研究. *水土保持研究*, 2000, 7(3): 243-247.
- [14] 李超,沙文生,闵颖,朱莉. 区域农业生态环境质量评价——以江苏省为例. *生态经济*, 2009, 1: 200-203.
- [15] 唐婷. 区域农业生态环境质量与生态经济的时空变化研究——以江苏省为案例. 南京:南京农业大学, 2012.
- [16] 谢花林,李波,王传胜,杨波,张新时. 西部地区农业生态系统健康评价. *生态学报*, 2005, 25(11): 3028-3036.
- [17] 生态环境状况评价技术规范, HJ/T 192—2006. 中华人民共和国环境保护行业标准.
- [18] 刘新卫. 长江三角洲典型县域农业生态环境质量评价. *系统工程理论与实践*, 2006, (6): 133-138.