

# 西安市都市农业生态安全动态评价及空间分异

刘欢,周忠学\*,齐爱荣  
(陕西师范大学旅游与环境学院,陕西 西安 710062)

**摘要:**通过构建都市农业生态安全概念及评价指标体系,运用熵值法、障碍度分析模型、GIS 制图技术对西安都市农业生态安全进行综合评价。结果表明:西安都市农业生态安全指数从 2002 年的 0.44 增加到 2011 年 0.68,生态安全状态明显好转;城市化对都市农业资源可持续能力和系统稳定程度负面影响较大,而对产出持续增长和发展保障能力正面影响更大;近十年来,阻碍西安都市农业生态安全的关键制约因素平均障碍度 2003、2006、2011 年分别为 12.47%、7.05%、4.97%,表明其影响程度在逐渐减弱;西安地区生态安全指数值( $S$ ):莲湖、碑林、新城区  $S \leq 0.15$ ,蓝田县  $0.15 < S \leq 0.27$ ,长安区和阎良区  $S > 0.35$ ,其余区县  $0.27 < S \leq 0.35$ ,表明因西安各地区都市农业生产条件差异、交通便捷程度及与城市经济联系强度差异而呈明显的空间分异。

**关键词:**都市农业;生态安全;动态评价;空间分异;西安市  
**中图分类号:** S188      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0225-07

## Dynamic evaluation and spatial differentiation on ecological security of urban agriculture in Xi'an City

LIU Huan, ZHOU Zhong-xue\*, QI Ai-rong  
(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

**Abstract:** In this paper, a concept of urban agro-ecological security and its evaluation indicator system are put forward, and comprehensive evaluation for urban agriculture ecological security in Xi'an City has been carried out by applying the entropy value method, obstacle degree analysis model and GIS spatial analysis technique. The result shown that: The safe index of urban agro-ecological security has increased from 0.44 in 2002 to 0.68 in 2011, the urban agro-ecological security conditions were improved obviously. The urbanization have large negative influence to the sustainable ability and system stability of urban agricultural resources, while more positive influence on output sustainable increase and development ensure ability. In recent ten years, the average obstacle degree of the key factors which impeded the improvement of urban agro-ecological security were 12.47%, 7.05% and 4.97% respectively in the years of 2003, 2006, and 2011, which shown that the obstacle degree has gradually decreased in Xi'an City. The ecological security index in Xi'an Region was  $S \leq 0.15$  in Lianhu, Beilin, and Xincheng district,  $0.15 < S \leq 0.27$  was in Lantian County.  $S > 0.35$  was in Chang'an and Yanliang District.  $0.27 < S \leq 0.35$  was in the rest of districts. This indicated the significant spatial differentiation due to the difference of agricultural production condition, the convenience degree of traffic, and linking degree to urban economic in each district of Xi'an City.

**Keywords:** urban agriculture; ecological security; dynamic evaluation; spatial differentiation; Xi'an City

随着城市化和工业化进程不断推进,人类活动对生态环境造成巨大冲击与破坏,导致生态系统生命支持力下降,甚至严重危及人类自身生存,因环境破坏引起的生态安全问题已成为国内外学者研究的热点<sup>[1-3]</sup>。农业生态系统作为区域生态系统重要组成部分及物品与服务的重要提供者,其安全与否在维持和保障生态安全方面具有十分重要的价值。都市农业指地处都市及其延伸地带与间隙地带区域范围内,随着都市经济生产力发展到较高水平,农村和城市、农业与非农产业等进一步融合,为适应都市城

收稿日期:2013-06-18  
基金项目:国家自然科学基金(41271550);教育部人文社会科学研究西部和边疆地区项目(12XJC790003);中央高校基本科研业务费专项资金资助(GK200902022);陕西师范大学优秀科技预研项目(200902014)  
作者简介:刘欢(1987—),女,陕西宝鸡人,硕士研究生,研究方向为区域与城乡发展规划。E-mail:liuhuan870909@163.com。  
\* 通信作者:周忠学(1972—),男,甘肃崇信人,副教授,硕士生导师,主要从事区域经济发展、资源环境评价等方面的研究。E-mail:zhouzhx@snnu.edu.cn。

乡一体化建设需要,形成的具有紧密依托城市经济和社会发展并服务于都市居民的现代农业生产体系,是经营形态高级化、多样化的农业,具有多功能性、系统性和动态性的特点<sup>[4]</sup>。它“服务城市,依托城市”,深受城市发展的影响,同时它对城市发展具有举足轻重的作用。自 1935 年日本学者青鹿四郎首次提出都市农业(urban agriculture)概念之后,世界各国为解决城市化、工业化快速发展带来的一系列资源环境问题,对都市农业开展了大量研究与发展实践<sup>[5-7]</sup>,已取得了丰硕的成果,主要集中在对都市农业概念与内涵的探讨,对都市农业经济绩效的评估;对都市农业发展模式及空间格局的探析<sup>[4,8]</sup>等诸多方面。由于都市农业地处城市内部及其延伸地带,深受城市化影响,在城市化过程中伴随着工业化、市场化及人口大规模集聚的影响,导致市场对农业需求的规模化、多样化,加上城市人力、技术与经济支持,推动了都市农业快速发展以及内部结构迅速转变与升级。但同时,城市化对都市农业也产生了强烈冲击。城市扩展导致都市农业依赖的耕地、水资源短缺,农业景观破碎化;城市活动排放的废弃物严重污染了农业生态环境;城市经济发展与市场本身固有的周期性波动会引起都市农业生产规模、产品结构以及经济效益的剧烈变化等等。这都使得都市农业生态系统生产能力持续性和系统稳定性受到严重冲击,都市农业表现出显著的脆弱性,其生态安全面临着巨大威胁。因此,开展城市化过程中的都市农业生态安全研究尤为迫切。

生态安全是区域可持续发展的基础,目前,国内外学者对区域生态安全研究成果已相当丰富,主要有:基于生态足迹的区域生态安全评价<sup>[9-10]</sup>;区域农业可持续发展的生态安全评价<sup>[11-13]</sup>;构建城市生态安全评价体系对城市生态安全进行评价<sup>[14-15]</sup>等。农业生态安全是区域可持续发展的核心,都市农业作为现代农业发展的一种特殊形式,对城市发展的保障与支撑作用极为明显,研究其生态安全就显得尤为重要,但目前对都市农业生态安全评价的研究还较少<sup>[16-17]</sup>;对都市农业生态安全尚未提出确切概念及内涵特征,对城市化过程中都市农业生态安全状况的时空动态综合定量评价也尚未见到。本文通过界定都市农业生态安全概念及阐释其内涵,在此基础上构建评价指标体系,通过对近十年西安都市农业生态安全进行动态评价与空间分异分析,为西安城市化过程中都市农业资源保护、生态环境治理等提供理论依据,为西安城乡协调、未来城市发展与规划提供借鉴。

## 1 都市农业生态安全概念及内涵

农业生态安全是指农业生态系统具有自我恢复和调节功能,能为人类生产、生活、健康等方面提供优质产品和服务保障,具有持续发展能力的状态和过程<sup>[18]</sup>。都市农业因地处城市内部及其延伸地带,深受城市人口、经济社会与技术发展的巨大影响,因此,对都市农业生态安全的概念界定除了要考虑一般农业生态安全的特征之外,还必须考虑都市农业本身的特殊性。由于城市化过程更为强烈地影响着都市农业生态系统生产能力的持续性和系统稳定性,因此,可定义都市农业生态安全为:都市农业产出持续增长,农业资源持续利用与农业系统稳定,并能从城市获取充分发展保障的一种过程和状态。其内涵可理解为:

(1) 都市农业产出持续增长。都市农业产出必须稳定增长,产品种类日益多样,才能适应城市不断增长的、多样化的市场需求;城市居民生活水平提高对高品质农副产品的需求等,要求都市农业必须提供绿色环保的农产品;土地适度规模经营规律、城市技术的支持和机械化生产等也能保证都市农业应具有高产量(产值)和高效率。(2) 都市农业资源持续利用。指自然资源、农业生产设施、人力资源投入等能够保持一定的规模,特别是都市农业赖以发展的水土资源、劳动力资源必须维持在一定规模,以保证都市农业资源要素供给稳定。如水资源、土地资源等供给规模能维持不变或减少缓慢并且不被污染;都市农业是高科技含量的农业,需要保有一定规模、掌握一定先进农业科学技术的高素质劳动者,以使其生产能力维持持久。(3) 都市农业系统稳定。受城市化、工业化及市场机制影响,都市地区极易出现农业生态环境破坏、水土资源污染、景观破碎、产业结构不协调等问题,这要求都市农业能在自然生态系统以及社会经济系统方面保证其功能、结构等的稳定。如在自然系统方面,具有较强的抵御自然灾害和自我修复能力,对环境污染物具有一定的消解与消纳能力等;社会经济系统方面,使农业经济本身保持稳定,具有灵活适应市场需求变化、缓冲经济波动以及抵御其它产业冲击的能力等。(4) 都市农业发展保障程度充分。都市农业要依靠来自城市的信息、科技、资金等要素投入进行生产,这要求城市为其发展提供充分的保障。城市发展应当能促进都市农业发展服务体系的完善,服务供给充分。比如是否采用环保措施以保证都市农业发展的外部条件良好;是否建立农产品流通体系、农业科研与技术推广

机制等以提高都市农业经济效益。另外,由于城市化过程中第二、三产业的优势相对降低了农业作为基础产业的竞争力,要求政府对都市农业和二、三产业的投入及政策引导等方面能够维持公平公正。

2 研究方法

2.1 都市农业生态安全评价指标体系的构建

都市农业生态安全指其经济、社会、生态等功能正常发挥,具有持续生产力,因此都市农业生态安全评价需要充分考虑都市农业特性、农业生产活动、社会经济发展等规律的影响。所以,基于都市农业生态安全概念及内涵特征,并结合西安市区域实际,按照系统性与主导性相结合、可比性、易操作性等原则,从都市农业产出持续增长、资源持续利用、系统维持稳定、发展保障程度充分等四个方面测度其生态安全状况(表 1)。

2.2 数据来源及研究方法

研究数据主要来自 2002—2011 年《西安市统计年鉴》、《陕西统计年鉴》和各个区县的统计年鉴。主要研究方法有:

2.2.1 都市农业生态安全指数评价方法 由于各指标极性、量纲等不同,因此本文采用极差标准化方法<sup>[19]</sup>对原始数据做标准化处理。在综合指标的测度中,目前对指标权重赋值的方法一般采用主观赋值法和客观赋值法<sup>[20]</sup>,本文为了消除人为主观因素对权重的影响,采用熵值法<sup>[21]</sup>来确定指标权重  $w_j$ (表 1),计算方法如下:

(1) 数据归一化处理:  $Y_{ij} = X'_{ij} / \sum_{i=1}^m X_{ij}$

(2) 计算第  $j$  项指标的信息熵:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad \text{式中: } k = 1/\ln m$$

(3) 计算第  $j$  项指标的权重:  $w_j = d_j / \sum_{i=1}^n (1 - e_j)$

$X_{ij}$  和  $X'_{ij}$  为第  $i$  个评价对象第  $j$  项指标原始值和标准化值,  $m$  评价对象的个数,  $n$  为指标数。

(4) 都市农业生态安全指数  $S$  计算公式为:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times X'_{ij}) \quad F = \sum_{i=1}^4 S_i$$

式中,  $S_i$  为第  $i$  个准则层生态安全指数,  $F$  为生态安全综合指数。

2.2.2 “障碍度”模型分析 为了进一步确定影响都市农业生态安全的主要障碍因素,本文对生态安全评价指标进行“障碍度”模型<sup>[19]</sup>诊断分析。障碍度是指某项指标对都市农业生态安全的阻碍程度,

据此可以判断该指标对都市农业生态安全的负面作用程度,有助于找出生态安全的关键制约因素,有针对性的对都市农业进行调整。

障碍度  $M_{ij}$  计算:

$$M_{ij} = (1 - X_{ij}) \times \left( w_j / \sum_{j=1}^{26} (w_j \times (1 - X_{ij})) \right) \times 100\%$$

3 西安都市农业生态安全评价结果及分析

3.1 西安都市农业生态安全状况变化过程

根据前面的评价指标及方法和“障碍度”模型计算出西安市都市农业生态安全指数和主要指标障碍度(图 1,表 2)。总体上,2002—2011 年西安都市农业产出持续增长、资源持续利用、系统稳定、发展保障程度四个方面均呈上升趋势,都市农业安全综合指数也呈现上升趋势,表明西安市都市农业生态安全程度逐渐好转;虽然随时间关键障碍因素在发生变化,但关键因素障碍度值明显下降。

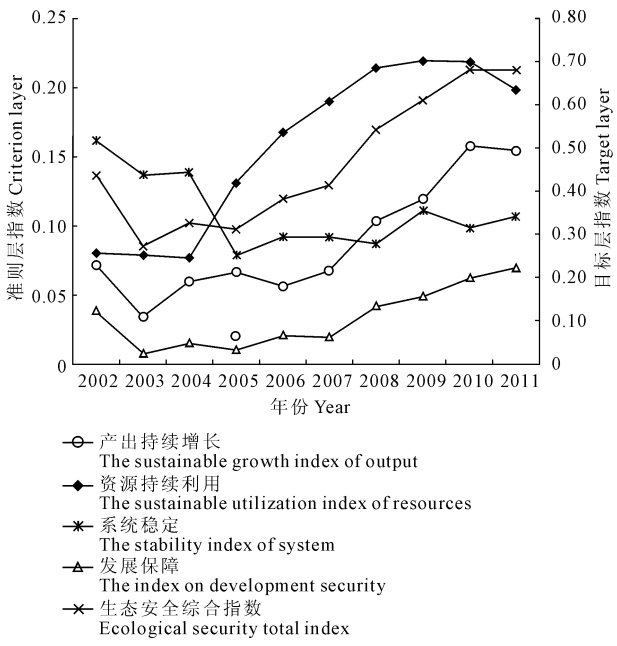


图 1 西安市都市农业生态安全状况变化

Fig.1 Ecological security of urban agriculture in Xi'an City

(1) 都市农业产出持续增长状况总体呈上升趋势。除了 2003 年受“非典”疫情影响有所下降之外,总体呈上升趋势。近年来,城市化及经济发展水平提高,都市居民消费层次高级化和多样化,对高品质农副产品的需求加大,推动土地适度规模经营和机械化生产,都市农业产出水平与品质持续大幅度提高;西安农业经济发展坚持以市场为导向进行产业化发展,农业产业结构由传统的粮食生产为主转向生产鲜活食品、高品质绿色食品等为主的现代化农

业。2011 年农业总产值达到 27 951 万元,蔬菜总产  
量达到 261.52 万 t,认证无公害、绿色、有机农产品  
148 个。2002—2011 年农业增加值年均增长 0.5%,

农业商品率提高了 0.2%。而影响都市农业生态安  
全的障碍因素如单位耕地种植业产值和城镇居民人  
均可支配收入的障碍度在下降。

表 1 都市农业生态安全评价指标体系

Table 1 Evaluation indictor system on ecological security of urban agriculture

| 目标层<br>Target layer                                              | 准则层<br>Criterion layer                                     | 指标层<br>Index                                                                                                | 指标极性<br>Polarity<br>of index | 信息熵<br>Entropy | 权重<br>Weight |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|--------------|
| 都市农业生态安全指数<br>The ecological security index of urban agriculture | 产出持续增长指数<br>The sustainable growth index of output         | 单位耕地面积种植业产值/元<br>The crop production value of cultivated land per unit area/yuan                            | +                            | 0.776          | 0.057        |
|                                                                  |                                                            | 城镇居民人均可支配收入/(元·人 <sup>-1</sup> )<br>Annual per capita disposable income of urban residents(per capita yuan) | +                            | 0.805          | 0.049        |
|                                                                  |                                                            | 农业商品率 Agriculture commodity rate/%                                                                          | +                            | 0.854          | 0.037        |
|                                                                  |                                                            | 农业增加值占 GDP 比重/%<br>Proportion of agriculture value-added to GDP                                             | +                            | 0.881          | 0.031        |
|                                                                  |                                                            | 农村人口人均粮食占有量/(kg·人 <sup>-1</sup> )<br>The grain of rural per capita occupancy                                | +                            | 0.889          | 0.028        |
|                                                                  |                                                            | 农业规模化经营水平/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )<br>Agriculture scale management level                         | +                            | 0.893          | 0.027        |
|                                                                  | 资源持续利用指数<br>The sustainable utilization index of resources | 城市居民人均住宅面积/(m <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )<br>Urban residential area per capita                          | +                            | 0.666          | 0.085        |
|                                                                  |                                                            | 人均耕地面积 Cultivated land per capita/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )                                       | +                            | 0.818          | 0.046        |
|                                                                  |                                                            | 农村劳动力受教育年限 Rural labor force education/a                                                                    | +                            | 0.821          | 0.045        |
|                                                                  |                                                            | 农业机械总动力 The total powers agriculture machinery/kW                                                           | +                            | 0.838          | 0.041        |
|                                                                  |                                                            | 农业科技人员拥有率/(人·万人 <sup>-1</sup> )<br>agriculture technology personnel rate                                    | +                            | 0.851          | 0.038        |
|                                                                  |                                                            | 耕地有效灌溉面积/hm <sup>2</sup><br>Effective irrigation area of cultivated land                                    | +                            | 0.890          | 0.028        |
|                                                                  |                                                            | 人均水资源占有量 Water resources per capita/(m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup> )                                      | +                            | 0.905          | 0.024        |
|                                                                  | 系统稳定指数<br>The stability index of system                    | 人口自然增长率 Natural growth rate of population/%                                                                 | -                            | 0.735          | 0.067        |
|                                                                  |                                                            | 退化土地治理率 Treated land area rate of degraded land/%                                                           | +                            | 0.841          | 0.040        |
|                                                                  |                                                            | 人均公共绿地面积 Public green area per capita/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )                                   | +                            | 0.846          | 0.039        |
|                                                                  |                                                            | 自然灾害成灾率 Natural disasters hazard rate/%                                                                     | -                            | 0.899          | 0.026        |
|                                                                  |                                                            | 单位播种面积化肥使用强度/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Fertilizer use intensity per unit sown area                          | -                            | 0.917          | 0.021        |
|                                                                  |                                                            | 社会商品零售总额波动率/%<br>Volatility on total volume of retail sales                                                 | -                            | 0.921          | 0.020        |
|                                                                  |                                                            | 农业增加值波动率 The volatility of agriculture added value/%                                                        | -                            | 0.929          | 0.018        |
|                                                                  | 发展保障程度指数<br>The index on development security              | 农业科学技术财政支出/万元<br>Financial expenditure on agricultural science and technique (10000yuan)                    | +                            | 0.750          | 0.063        |
|                                                                  |                                                            | 污水处理率 Sewage treatment rate/%                                                                               | +                            | 0.814          | 0.047        |
|                                                                  |                                                            | 居民恩格尔系数 Engel's coefficient/%                                                                               | -                            | 0.846          | 0.039        |
|                                                                  |                                                            | 生活垃圾无害化处理率 Life garbage treatment rate/%                                                                    | +                            | 0.883          | 0.029        |
|                                                                  |                                                            | 农村固定资产投资比重/%<br>The proportion of fixed investment in village                                               | +                            | 0.888          | 0.028        |
|                                                                  |                                                            | 工业固体废弃物综合利用率/%<br>The utilization rate of industrial solid waste                                            | +                            | 0.894          | 0.027        |

表 2 西安市都市农业生态安全障碍因素分析

Table 2 Obstacle factor analysis on ecological security of urban agriculture in Xi'an City

| 排序<br>Order | 2003                                                                    |                             | 2006                                                                    |                             | 2011                                                          |                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|             | 障碍因素<br>Obstacle<br>factors                                             | 障碍度<br>Obstacle<br>degree/% | 障碍因素<br>Obstacle<br>factors                                             | 障碍度<br>Obstacle<br>degree/% | 障碍因素<br>Obstacle<br>factors                                   | 障碍度<br>Obstacle<br>degree/% |
| 1           | 城市人均住宅面积<br>Urban residential area per capita                           | 20.55                       | 人口自然增长率<br>Natural growth rate of population                            | 11.19                       | 人口自然增长率<br>Natural growth rate of population                  | 8.87                        |
| 2           | 农业科技财政支出<br>Financial expenditure on agricultural science and technique | 15.25                       | 单位耕地种植业产值<br>The crop production value of cultivated land per unit area | 7.23                        | 人均耕地面积<br>Cultivated land per capita                          | 7.48                        |
| 3           | 单位耕地种植业产值<br>The crop production value of cultivated land per unit area | 13.27                       | 退化土地治理率<br>Treated land area rate of degraded land                      | 7.04                        | 农村劳动力受教育年限<br>Rural labor force education                     | 5.21                        |
| 4           | 城镇居民人均可支配收入<br>Annual per capita disposable income of urban residents   | 11.60                       | 城镇居民人均可支配收入<br>Annual per capita disposable income of urban residents   | 6.91                        | 农村人均粮食占有量<br>The grain of rural per capita occupancy          | 3.96                        |
| 5           | 污水处理率 Sewage treatment rate                                             | 11.08                       | 农业科技财政支出<br>Financial expenditure on agricultural science and technique | 6.80                        | 人均水资源占有量<br>Per capita water resources                        | 3.89                        |
| 6           | 农业机械总动力 The total powers agriculture machinery                          | 9.62                        | 城市人均住宅面积<br>Urban residential area per capita                           | 6.19                        | 农业增加值占 GDP 比重<br>Proportion of agriculture value-added to GDP | 3.69                        |
| 7           | 农村劳动力受教育年限<br>Rural labor force education                               | 9.52                        | 农村劳动力受教育年限<br>Rural labor force education                               | 6.06                        | 单位播种面积化肥使用强度<br>Fertilizer use intensity per unit sown area   | 3.42                        |
| 8           | 农业科技人员拥有率<br>Agriculture technology personnel rate                      | 8.89                        | 生活垃圾无害化处理率<br>Life garbage treatment rate                               | 5.01                        | 社会商品零售总额波动率<br>Volatility on total volume of retail sales     | 3.27                        |

(2) 都市农业资源持续利用能力先降低后缓慢升高。城市用地不断扩张,农田、林地甚至城市绿地、水面逐渐被建设用地和居住用地挤占,都市农业赖以存在的耕地资源日益短缺;城市生产生活过程中对水资源的巨大需求,挤占了农业及生态用水,使都市农业发展的水资源短缺,人均水资源占有量下降,如 2005 年西安市人均水资源为 360 m<sup>3</sup>,不到全国平均水平的 1/6。水土资源短缺,导致都市农业资源持续利用能力降低。但 2006 年之后,政府出台了加快西安发展都市型现代农业的政策方案,一定程度上对耕地和水资源的过量消耗有所缓解,都市农业资源持续利用能力得以提高;同时政府加大了都市农业技术培训,农业科技人员数量逐年增加,如 2011 年培训农民达 4.5 万人次,极大地提升了都市农业资源持续利用能力。但都市农业较其它占主导地位的工业、商业等,其经济竞争力显得不足,在城市化过程中建设用地和居民用地扩张对耕地、果园与蔬菜等农业生产用地的挤占,人均耕地面积依然减少,成为阻碍资源持续利用能力的主要障碍因素。

(3) 都市农业系统稳定程度先下降后逐渐稳定。21 世纪初,西安快速城市化过程中过于追求经

济效益、盲目扩大规模、忽视环境保护,致使大量废弃物排放及化肥农药的过度施用,造成水土资源污染严重,损害土壤及都市农业系统的自我修复能力;城市化发展造成人口密集、交通拥挤,城市生态环境恶化(如绿色植被减少、城市热岛效应增强等)使都市农业自然系统出现不稳定。2005 年之后,由于都市农田保护工作的加强、退耕还林和大面积绿地公园建设等,在一定程度上改善了都市农业生态环境条件;都市农业发展日趋成熟对市场需求变化的适应能力、缓冲经济波动以及抵御其它产业冲击能力日趋增强等,使都市农业系统逐渐稳定。但是人口快速增长导致农产品需求增加、消耗更多水土资源,加上区域气候变化诱发的自然灾害频发等都阻碍了系统稳定程度快速上升。这一时期影响都市农业系统稳定的主要障碍因素为人口因素。

(4) 都市农业发展保障程度缓慢上升。近年来,由于西安实施秦岭保护、环山路绿化、退耕还林等生态工程建设,增加耕地灌溉面积,加大对城市水污染的治理力度等,这在一定程度上提升了农业发展的水资源和土地资源质量,改善了农业生产的生态环境条件;自 2003 年以来,西安市的农业技术投

入和农村固定资产投资等日益加大,促进了都市农业发展保障程度的提升。如 2011 年城市污水集中处理率达到 60% 以上,工业固体废弃物综合利用率达到 95% 以上,工业废水基本全部达标排放。

(5) 都市农业生态安全总体状况逐渐好转。研究期间除了 2003 年受非典影响生态安全状况有所下降外,其它年份虽然系统稳定指数变化不大,但由于产出持续增长、资源持续利用、发展保障程度均呈上升趋势,生态安全指数从 2002 年的 0.44 增加到 2011 年的 0.68。“十一五”末,全市农机总动力增加  $43.8 \times 10^4$  kW,西安市农业机械化程度达到 81.1%;实施农业节能减排,农业生态环境不断改善;西安农业四大板块、十二条产业带加速扩张等等,表明西安都市农业生态安全状况逐渐好转,障碍度分析也表明都市农业生态安全的制约因素及影响程度逐步减弱。

### 3.2 西安市都市农业生态安全空间分异分析

按照西安城市经济对郊区农业的影响程度及其农业自身的发展特征以及西安都市圈规划范围可以认定西安市域(9 区 4 县)均属于都市农业发展地带<sup>[4]</sup>,因各地区都市农业生产自然条件不同和经济发展水平的差异,很难用统一的标准去评价差异相对较大的区域,因此论文在参考相关研究成果和咨询专家的基础上,根据西安都市农业生态安全指数  $S$  排序特点及西安都市农业发展的区域特性对都市农业生态安全状况进行分级,把西安都市农业生态安全状况确定为 4 个“生态类型区”。不安全区,  $S \leq 0.15$ ,都市农业产出持续能力低,资源得不到有效利用,生态环境受到严重破坏,系统结构不完整,功能接近丧失或已经丧失,系统恢复能力几乎为零,都市农业发展得不到保障。较不安全区,  $0.15 < S \leq 0.27$ ,都市农业产出持续能力较低,可持续利用资源较少,生态环境受到一定破坏,系统结构及功能发生变化,但尚可维持其基本功能,系统恢复能力较弱,都市农业发展保障程度较低。较安全区,  $0.27 < S \leq 0.35$ ,都市农业产出持续性较好,资源供应状态相对较好,系统结构尚完整,功能尚好,系统恢复能力较强,都市农业保障体系基本形成,但不完善。安全区,  $S > 0.35$ ,都市农业产出持续性好,资源能够持续利用,农业生态系统结构完整,功能性强,系统恢复能力强,都市农业发展保障体系相对完善。

由于农业生产条件差异,交通便捷程度以及和城市经济联系的密切程度不同,其生态安全状况表现出明显的空间分异特征,其分区论述如下:

(1) 生态不安全区。包括莲湖区、碑林区、新城区,生态安全指数  $S$  分别为 0.14、0.13、0.15。地处西安城市核心区,人口及二、三产业集聚,都市农业发展的耕地资源已经基本被商业区、居民区等建设占用,耕地资源极度缺乏,环境污染比较严重。虽然有一定的绿地覆盖率,但面积较少,都使资源持续利用能力、系统稳定性均较低,都市农业发展基本条件丧失,属生态不安全。

(2) 生态较不安全区。蓝田县生态安全指数  $S$  值为 0.26。都市农业发展资源条件较好,耕地面积广阔,但该区大部分属于农村地区,交通便捷程度相对较差,与城市经济联系程度较弱,传统农业发达而都市型现代农业较弱,高品质农产品生产能力低;该区经济发展水平较低,农业基础设施老化,农业技术较差,都市农业保障程度不够;该区处于较不安全区。但该区核桃、樱桃、柿子等代表现代型都市农业的林果板块正在形成,发展速度快、潜力大。

(3) 生态较安全区。包括雁塔区、灞桥区、未央区、临潼区、户县、高陵县和周至县,  $S$  值分别为: 0.35、0.33、0.29、0.36、0.36、0.33、0.28。地处城市建成区、城郊地带或者都市精品农业分布地带,都市农业产出效率较高,资源条件较好,交通便利,发展时间长且比较成熟。近年来西安大力发展和布局了周至猕猴桃板块、临潼与未央奶牛板块、秦岭北麓旅游农业板块等产业带,对该区都市农业发展具有极大的提升作用;2011 年临潼与未央 10 万头奶牛板块发展到 10.2 万头,周至 1.33 万  $\text{hm}^2$  猕猴桃板块发展到 1.82 万  $\text{hm}^2$ ,秦岭北麓 2 万  $\text{hm}^2$  旅游农业板块发展到 2.66 万  $\text{hm}^2$ ,都市农业产出持续增长。开展精品名牌培育、旅游观光农业以及农民培训等项工作,都市农业保障程度加大;因此生态较安全。

(4) 生态安全区。长安区、阎良区生态安全指数分别为 0.39 和 0.40。该区属西安市城郊农业重点发展地带,交通便利,与城市经济联系密切,都市农业发展条件充分;与城市距离适中,城市化对生态安全影响较小。2011 年,阎良 6 667  $\text{hm}^2$  无公害瓜菜板块,发展到 7 667 万  $\text{hm}^2$ 。长安打造农产品品牌、拓宽销售渠道,使农产品附加值提高 30% 以上,都市农业产出持续增长;长安区南依秦岭,地势较高,生态环境优美,农业生态系统水土资源污染较轻,资源持续能力较强。农业发展保障程度高,如阎良和长安区每年投入 1 400 万元用于现代农业补助和奖励,以扶持培育特色产业,调动农民积极性。本区都市农业发展条件最为成熟,生态安全。

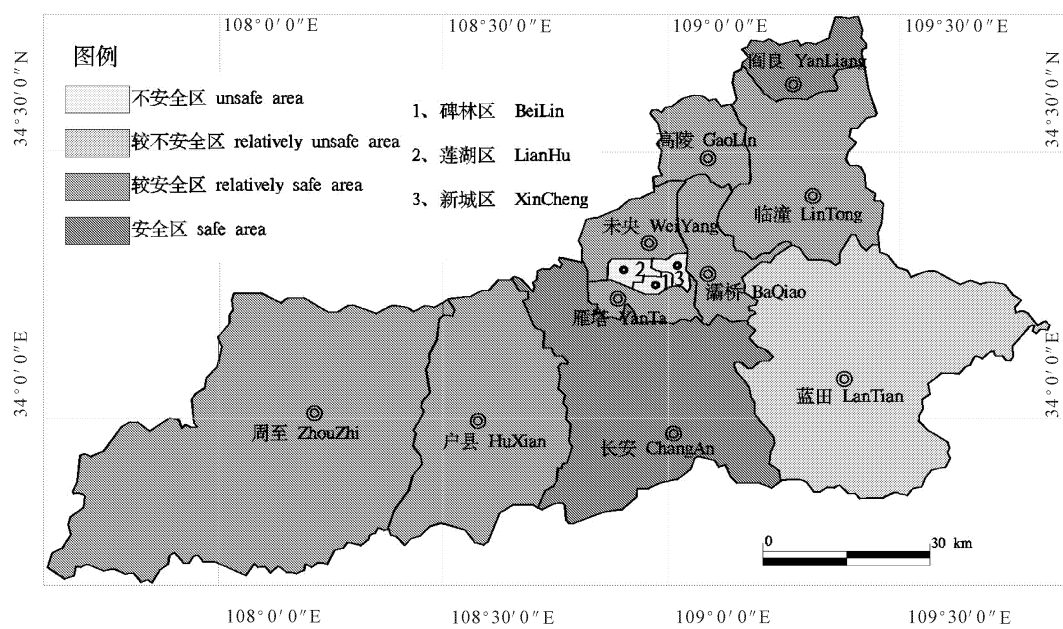


图 2 西安市都市农业生态安全空间分异

Fig.2 Spatial differentiation on ecological security of urban agriculture in Xi'an City

4 结论与建议

1) 2002 年以来,西安都市农业生态安全状况趋势总体提升,但西安城市化明显阻滞了都市农业发展及生态安全,特别是城市化早期阶段对都市农业生态安全影响较大。但与此同时城市化发展带来的经济和技术的进步,西安应以此来加强对都市农业科技人员的培训和加大科技人员投入力度,以提高都市农业生产效率,缩小农业与非农产业之间经济效益的距离。

2) 城市化过程对都市农业资源可持续能力、系统稳定程度有较大的负面影响;但对产出持续发展,发展保障能力方面的正面影响更大。西安应加强对以水资源、耕地资源为主的都市农业资源的保护;加大西安环境整治力度,积极采取措施,改善环境质量,对化肥农药的使用能够采用高科技研制低毒、低残留农药和持久性强的生物农药,防止农业生产的自身污染。

3) 近 10 年来,阻碍西安都市农业生态安全的关键制约因素平均障碍度 2003、2006、2011 年分别为 12.47%、7.05%、4.97%,表明其影响程度在逐渐减弱。虽然阻碍生态安全的障碍因素障碍度在下降,但西安依旧需要进一步优化产业结构,提高水资源等的开采率、回采率、有效利用率和重复利用率等。

4) 西安都市农业生态安全状况因各地农业生产条件差异、交通便捷程度及城市经济联系强度差

异呈现显著的空间分异。城市核心区都市农业生态安全状况最差;都市农业发展到一定程度,与城市距离适中,农业生产条件良好以及与城市经济联系密切的地区,生态安全状况良好。西安应大力促进周边城市与中心城市的经济联系;合理利用都市农业发展耕地资源等优势条件(如蓝田县),开展都市农业规模化生产,开展品牌农业,提高区域高品质绿色产品的生产能力,从而提升该地区都市农业的生产能力。

本文提出的都市农业生态安全概念及评价指标体系,能比较客观地表达和描述西安都市农业生态安全状况及其空间分异特征,采用该方法进行都市农业生态安全评价比较简便,也具有一定的适用性。但由于对都市农业生态安全的评价尚属初步探讨阶段,这一指标评价方法在揭示影响都市农业生态安全的机理方面尚存在不足,针对不同区域特点,评价指标体系尚需进一步修正和完善。

参考文献:

[1] Dalby, Simon. Conflict, ecology and the politics of environmental security[J]. Global Environmental Politics, 2002,2(4):125-130.

[2] 崔胜辉,洪华生,黄云凤,等.生态安全研究进展[J].生态学报, 2005,25(4):861-868.

[3] 汤 洁,李海毅,斯 霭.县域农业可持续发展的生态安全评价—以吉林省通榆县为例[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):175-179.

(下转第 237 页)

次为南郑县和商南县,其它 6 个县较低;若考虑人的主观经验知识在评价过程中的作用,则石泉县 WRCC 有所降低,其它县都没改变。综合上述研究可知,陕南地区的水资源充足,其水资源与经济发展较为协调,可开发潜力很大,未来应充分发挥其 WRCC 优势,加大水资源开发力度,促进该地区经济社会可持续发展;关中地区水资源已严重超载,需要相关部门采取措施进行人工干预,未来应逐步调整产业结构,加大节水工程建设力度,提高居民节水意识,使水资源的利用走上可持续发展的道路;陕北地区水资源严重短缺,也是生态脆弱区,应采取相关生态治理措施,避免该地区生态环境进一步恶化。

以陕西省典型县为例采用模糊识别理论解决县域 WRCC 评价过程中存在的模糊性问题,通过交叉迭代计算得到区域的承载能力的相对隶属度和影响因子的贡献率,在未考虑人的主观意志影响的前提下,初步得到了区域 WRCC 的识别结果;若考虑人的主观经验知识在评价过程中的作用,则采用基于互补理论的二元对比方法确定影响因子的主观权重,即利用均衡因子综合考虑贡献影响因子的贡献率以及主观权重,通过级别特征值计算得到各县 WRCC 的级别。基于模糊识别理论的水资源模糊评价方法能较好地解决模糊的、难以量化的问题,较好地反映了陕西省典型县域 WRCC 的状况,研究结果可以为陕西省水资源的合理利用提供决策依据,而

且为县域 WRCC 的评价提供理论方法价值,具有重要的现实参考意义。

参 考 文 献:

[1] 刘佳骏,董锁成,李泽红.中国水资源承载力综合评价研究[J].自然资源学报,2011,(2):258-269. .  
[2] 姜秋香,付  强,王子龙.三江平原水资源承载力评价及区域差异[J].农业工程学报,2011,(9):184-190.  
[3] 肖迎迎,宋孝玉,张建龙.基于主成分分析的榆林市水资源承载力评价[J].干旱地区农业研究,2012,(4):218-223,235.  
[4] 黄  蕊,刘俊民,李熈楷.基于系统动力学的咸阳市水资源承载力[J].排灌机械工程学报,2012,(1):57-63.  
[5] 张  君,魏素洁,胡  剑,等.基于模糊二级评判模型的水资源承载力分析[J].人民黄河,2012,(9):63-65.  
[6] 赵军凯,李九发,戴志军,等.基于熵模型的城市水资源承载力研究——以开封市为例[J].自然资源学报,2009,11:1944-1951.  
[7] 李亚伟,陈守煜,傅  铁.基于模糊识别的水资源承载能力综合评价[J].水科学进展,2005,16(5):726-729.  
[8] 李朝霞.区域水资源可持续利用指标体系研究[J].河海大学学报(自然科学版),2007,35(1):81-85.  
[9] 唐  曲,姜文来,陶  陶.民勤盆地水资源承载力指标体系及评估[J].自然资源学报,2004,19(5):672-678.  
[10] 陈守煜.复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用[M].长春:吉林大学出版社,2002.  
[11] 陈守煜,韩晓军.模糊集决策单元系统理论及其在黄河置换水量分配中应用[J].大连理工大学学报,2006,46(1):98-102.  
[12] 张会涓,陈  然,赵言文.基于模糊物元模型的区域水环境承载力研究[J].水土保持通报,2012,(2):186-189.  
[13] 张青峰,王  力,李熈楷,等.长武县水资源承载力的模糊评价[J].西北农林科技大学学报,2010,38(5):161-166.

(上接第 231 页)

[4] 李同昇,杨卫丽.西安都市圈都市农业的发展及其空间格局研究[J].经济地理,2011,31(1):123-128.  
[5] Luc J A Mougeot. Urban agriculture: Concept and definition[J]. Urban Agriculture Magazine, 2000,1:5-7.  
[6] Lynch K, Binns T, Olofin E. Urban agriculture under threat the land security question in Kano, Nigeria[J]. Cities, 2001,18(3):159-171.  
[7] 张文胜.日本都市农业的特征、功能及案例分析[J].农业经济,2009,(12):33-34.  
[8] 杨仪清.都市农业发展的模式及途径探析——以郑州市发展都市农业为例[J].改革与战略,2011,27(12):112-114.  
[9] 吉力力·阿不都外力,木巴热克·阿尤普.基于生态足迹的中亚区域生态安全评价[J].地理研究,2008,27(6):1308-1320.  
[10] 任志远,黄  青,李  晶.陕西省生态安全及空间差异定量分析[J].地理学报,2005,60(4):597-606.  
[11] 吴国庆.区域农业可持续发展的生态安全及其评价探析[J].生态经济,2001,(8):22-25.  
[12] 韩  瑛,韩  珺,陈忠祥.区域农业可持续发展的生态安全评价——以宁夏红寺堡移民区为例[J].山西师范大学报,2009,23(1):88-91.  
[13] 潘泽江,康小兰,刘  滨.湘粤桂边贫困山区农业生态安全评价——以湖南双牌县为例[J].江西农业大学学报,2011,10(1):105-110.  
[14] 曹明兰,李亚东.基于能值分析的唐山市生态安全评价[J].应用生态学报,2009,20(9):2214-2218.  
[15] 马玉香,张  云.乌鲁木齐城市生态安全评价研究[J].资源环境与发展,2009,(2):22-25.  
[16] 邓楚雄,谢炳庚,吴永兴,等.上海市都市农业生态安全定量综合评价[J].地理研究,2011,30(4):646-654.  
[17] 罗  平.武汉市都市农业生态安全评价[J].中国科技论坛,2010,(4):126-141.  
[18] 王  军,何  玲,董  谦,等.河北省农业生态安全保障度评价与对策研究[J].农业现代化研究,2010,37(1):81-85.  
[19] 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,2007,22(3):380-388.  
[20] 郭亚军.综合评价理论、方法及应用[M].北京:科学出版社,2007:31-33.  
[21] 李元年.基于熵理论的指标体系区分度测算与权重设计[D].南京:南京航空航天大学,2008.