

基于熵权 TOPSIS 的湖北省农业水土资源承载力 时空动态研究^①

杨 剑¹, 丁玲玲¹, 李新尧², 常华进¹, 孙小舟¹

(1 湖北文理学院资源环境与旅游学院, 湖北襄阳 441053; 2 西北大学城市与环境学院, 西安 710127)

摘 要: 在综合分析湖北省农业水土资源空间分布特征及其匹配格局的基础上, 采用 DPSIR 概念模型建立农业水土资源承载力评价指标体系, 利用熵权 TOPSIS 方法对湖北省 17 个地区农业水土资源承载力进行定量研究。结果显示: 不同地区农业水土资源承载力水平存在较大差异, 其中神农架林区和恩施自治州水土资源承载力基本为盈余状态; 荆门、仙桃、潜江、天门、武汉、荆州 6 市水土资源承载力以安全承载为主; 随州、襄阳、孝感、宜昌、黄冈 5 市水土资源承载力以临界超载为主; 十堰、鄂州、咸宁、黄石 4 市水土资源承载力一直呈超载状态。2000—2015 年, 只有荆州市水土资源承载力等级呈现显著提升。针对不同地区农业水土资源承载力现状提出了应对措施。研究可为合理配置水土资源、促进水土资源可持续利用和社会经济可持续发展提供科学依据。

关键词: 农业水土资源; 承载力; 熵权; TOPSIS; 湖北省

中图分类号: S17 **文献标识码:** A

农业水土资源即维持农业生产所必需的水资源和耕地资源, 是人类赖以生存的基础资源和社会经济发展的物质载体。随着我国工业化和城镇化发展持续推进, 农业水土资源所表现出的挤占、短缺和区域性结构破坏等资源非持续利用问题日益突出, 对国家粮食生产安全形成重大威胁^[1-2]。因此, 开展农业水土资源承载力评价和水土平衡研究具有重要的科学意义。农业水土资源承载力研究一直是土地科学、水资源科学等学科关注的热点^[3-5], 但前期多是将农业水土资源和耕地资源作为独立系统, 分别进行水资源承载力研究和土地资源承载力研究, 这种思路忽视了农业水土资源复杂的综合作用与耦合关系, 不利于水土资源系统整体效能的充分发挥^[6-7]。近年来, 农业水土资源承载力综合研究得到越来越多学者的重视, 产生了一些有价值的研究成果。施开放等^[8]利用熵权可拓决策模型对重庆三峡库区水土资源承载力进行了定量评价; 陈红梅等^[9]构建时序全局因子分析模型研究了黑龙江省水土资源承载力空间分异特征; 李慧等^[10]结合粒子群优化算法和投影寻踪模型对延安市各区县农业水土资源承载力进行了评价; 南彩艳等^[11]针对水土资源承载系统的不确定性, 采用改进集对分析对关中地区水土资源承载等级进行了研究。

农业水土资源系统是一个非线性的复杂巨系统, 其影响因素具有复杂性和动态性特征, 所以目前尚无统一的评价指标和评价模型。本文在全面分析湖北省水土资源禀赋和社会经济发展现状的基础上, 将农业水土资源视为一个统一系统, 采用 DPSIR 概念模型确定湖北省农业水土资源承载力评价指标因子, 利用熵权 TOPSIS 评价法对湖北省 17 个地区(二级行政区)农业水土资源承载力进行评价研究, 以期合理开发利用水土资源、促进水土资源优化配置和农业经济发展提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

湖北省位于我国中部地区、长江中游, 地理位置 108°21′~116°07′E、29°01′~33°6′N, 国土面积 18.59 万 km², 下辖 12 个省辖市、3 个省直管市、1 个自治州和 1 个林区, 常住人口为 5 851.5 万(2015 年底)。地势呈东西北三面环山、中间低平、向南敞开的完整盆地, 平原湖区、丘陵岗地和山地各占总面积的 31.78%、59.92%、8.30%。截至 2015 年底全省共有耕地面积 343.62×10⁴ hm², 主要分布在江汉平原和鄂北岗地, 其中水田面积 201.04×10⁴ hm², 旱地

^①基金项目: 国家自然科学基金项目(41601046)资助。

作者简介: 杨剑(1972—), 男, 湖北随州人, 硕士, 讲师, 主要从事水资源和土地规划研究。E-mail: yangjian990111@163.com

面积 $142.58 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，人均耕地面积 0.08 hm^2 。湖北省地处北亚热带季风性湿润、半湿润气候区，光热充足，降水丰富，多年平均气温 $15 \sim 17 \text{ }^\circ\text{C}$ ，多年平均降水量 $1\,177 \text{ mm}$ 。2015 年全省水资源总量为 $1\,015.63 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中地表水资源量 $986.35 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，地下水资源量 $279.64 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。尽管湖北省水资源总量比较丰富，但存在降水变率大、空间分布不均的特点，导致水资源供给极不稳定，旱涝灾害频繁发生^[12]。

1.2 数据来源

本研究采用的农业水资源、耕地资源以及社会经济等方面的基础数据主要来自《湖北省统计年鉴》、《湖北省水资源公报》、《中国水资源公报》等资料，部分指标是利用原始数据计算获得，选取的资料主要包括 4 个时间断面，分别为 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年。

2 农业水土资源承载力评价方法

2.1 指标体系建立

指标体系的建立是农业水土资源承载力研究的重要依据和基础环节，其指标选择直接关系到评价结

果的科学性和合理性。本文采用 DPSIR 评价指标体系概念模型^[1,13-14]建立湖北省城市尺度的农业水土资源承载力评价指标体系。DPSIR 模型将表征一个自然系统的评价指标分成驱动力(driving force)、压力(pressure)、状态(state)、影响(impact)、响应(response)5 大要素，其中“驱动力”是决定农业水土资源配置和利用方式的原始自然和社会经济因素；“压力”是在驱动力作用下，反映水土资源系统结构和功能的关键信息；“状态”表征农业水土资源的使用现状和发展水平；“影响”主要是指在驱动力和压力作用下水土资源系统数量和质量发生的变化；“响应”则是人类为提高农业水土资源承载力水平采取的措施。DPSIR 模型各要素之间具有明显的连续反馈机制，因此被认为是寻找人类活动及其环境影响之间因果联系的有效途径。在充分理解农业水土资源承载力内涵和水土资源耦合高效利用的基础上，基于数据的可获得性、指标的可操作性、主导性和科学性原则^[15]，选择了 17 个指标因子建立研究区农业水土资源承载力综合评价指标体系(表 1)。

表 1 湖北省农业水土资源承载力评价指标体系
Tabel 1 Carrying capacity evaluation system of agricultural water and soil resources in Hubei Province

影响要素	指标	指标作用
驱动力 <i>D</i>	X_1 : 第一产业占 GDP 比例(%)	反映产业结构状况
	X_2 : 人均 GDP(万元/人)	反映区域经济发展水平
	X_3 : 人口密度(人/ km^2)	反映人口压力
	X_4 : 耕地资源比例(%)	反映耕地保障情况
压力 <i>P</i>	X_5 : 人均用水量(m^3 /人)	反映居民用水水平
	X_6 : 单位面积耕地灌溉用水量(m^3/hm^2)	反映农业耗水水平
	X_7 : GDP 综合耗水量(m^3 /万元)	反映水资源利用效率
	X_8 : 单位面积耕地农业产值(万元/ hm^2)	反映耕地生产力状况
状态 <i>S</i>	X_9 : 人均水资源量(m^3 /人)	反映水资源丰缺程度
	X_{10} : 人均耕地面积(hm^2 /人)	反映耕地丰缺程度
	X_{11} : 水土资源匹配系数(m^3/hm^2)	反映水土资源匹配程度
影响 <i>I</i>	X_{12} : 农田有效灌溉率(%)	反映农业水资源使用状况
	X_{13} : 人均粮食产量(kg/人)	反映粮食保障程度
	X_{14} : 农业水资源利用效率(%)	反映农业科技投入
响应 <i>R</i>	X_{15} : 农机化程度(%)	反映农业现代化水平
	X_{16} : 单位面积耕地化肥使用量(t/hm^2)	反映农业生产的环境影响
	X_{17} : 单位面积耕地用电量(kWh/hm^2)	反映农业耗能水平

2.2 熵权 TOPSIS 评价模型

TOPSIS 即“逼近理想解排序方法”(technique for order preference by similarity to ideal solution),多用来解决有限方案多目标决策问题,是一种在系统分析中常用的运用距离作为评价标准的综合评价方法^[16-18]。其基本思想是通过确定评价单元的正、负理想解(分

别用最优向量和最劣向量表示),分别计算各评价对象与正理想解和负理想解的欧氏距离,获得各评价对象与最优方案的相对接近程度,以此作为评价优劣的依据^[19]。使用 TOPSIS 模型的中心环节是权重的确定。而熵权法是根据各评价对象提供的原始信息确定其效用价值,是一种客观赋权方法。本文综合运

用熵权 TOPSIS 模型评价湖北省农业水土资源承载力状况。

2.2.1 构建标准化评价矩阵 湖北省农业水土资源承载力问题的原始评价指标矩阵为:

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

对于高优指标(越大越好)采用公式(2)进行标准化处理,对于低优指标(越小越好)采用公式(3)进行标准化处理,得到标准化评价矩阵(矩阵(4))。

$$r_{ij} = x_{ij} / \max(x_j) \quad (2)$$

$$r_{ij} = \min(x_j) / x_{ij} \quad (3)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: X 为原始评价矩阵; x_{ij} 为第 i 个评价对象第 j 个指标的初始值($i = 1, 2, \cdots, m$; $j = 1, 2, \cdots, n$); $\max(x_j)$ 和 $\min(x_j)$ 分别代表第 j 个指标的最大值和最小值; R 为标准化后的评价矩阵; r_{ij} 为第 i 个评价对象第 j 个指标的标准化值。

2.2.2 确定指标权重 熵权计算公式为:

$$W_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_j H_j} \quad (5)$$

$$H_j = \frac{1}{\ln m} \sum_i f_{ij} \ln f_{ij} \quad (6)$$

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_i r_{ij}} \quad (7)$$

式中: w_j 为第 j 个指标的权重; H_j 称为信息熵; f_{ij} 称为指标的特征比重。确定好各指标的熵权之后,即可计算规范化加权评价矩阵。

$$Y = (y_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} r_{11} \times w_1 & r_{12} \times w_1 & \cdots & r_{1n} \times w_1 \\ r_{21} \times w_2 & r_{22} \times w_2 & \cdots & r_{2n} \times w_2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} \times w_n & r_{m2} \times w_n & \cdots & r_{mn} \times w_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

2.2.3 确定正负理想解 规范化加权评价矩阵各列的最大、最小值构成最优、最劣向量,分别记为:

$$Y^+ = (y_{\max 1}, y_{\max 2}, \cdots, y_{\max n}) \quad (9)$$

$$Y^- = (y_{\min 1}, y_{\min 2}, \cdots, y_{\min n}) \quad (10)$$

式中: $y_{\max n}$, $y_{\min n}$ 分别为规范化加权评价矩阵第 n 列

的最大和最小值。

2.2.4 距离计算 采用欧氏距离公式计算第 i 个评价对象与正、负理想解的距离,计算方法为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_j^n (y_{\max j} - y_{ij})^2} \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_j^n (y_{\min j} - y_{ij})^2} \quad (12)$$

式中: y_{ij} 为第 i 个评价对象第 j 个指标加权后的标准化值。

2.2.5 计算综合评价指数 研究区第 i 个评价对象农业水土资源承载力与最优承载力的贴进度即表示实际承载力的大小(C_i),其值介于[0, 1], C_i 越大表明农业水土资源承载力水平越高,其计算公式为:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (13)$$

3 结果与分析

3.1 农业水土资源空间分布及匹配

区域水资源的丰缺可用单位土地面积拥有的水资源量表示,土地资源的开垦程度可用耕地面积占国土总面积的比例表示,而水土资源匹配程度用单位面积耕地可拥有的水资源量(水土资源匹配系数)来反映。以湖北省 17 个城市作为基本评价单元,以多年平均单位面积水资源量和耕地资源比例作为度量指标,分析湖北省农业水土资源空间分布特征及其丰缺状况(图 1)。在此基础上,参考刘彦随等^[20]提出的农业水土资源匹配系数测算方法,计算了各地区水土资源匹配系数,根据水土资源匹配程度利用 ArcGIS 自然断裂法将其划分为 4 个等级并实现空间可视化(图 2)。

湖北省多年平均单位面积水资源量为 $51.28 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 高于全国均值水平($30.23 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$),但其空间分布不均衡,总体上南部地区单位面积水资源量多于北部地区,单位面积水资源量最多的 5 个地区依次是咸宁市、黄石市、鄂州市、恩施自治州和黄冈市,集中分布于湖北省东南部或西南部的山地、丘陵地区。而单位面积水资源量较少的荆门市、随州市、襄阳市、十堰市和孝感市集中分布于中部或北部,这与湖北省多年平均年降水量的分布特征具有较强的一致性。耕地资源的分布明显受到地形的影响,全省耕地资源比例超过 30% 的城市有 4 个,由高到低分别是潜江市、天门市、仙桃市和荆州市,均分布于江汉平原腹地,而西部地区的神农架林区、十堰市、宜

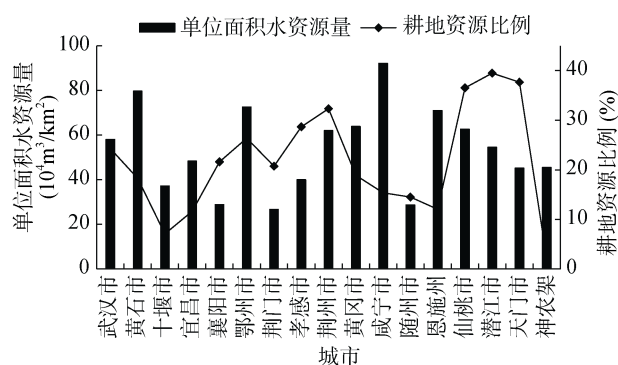


图 1 湖北省农业水土资源空间分布

Fig.1 Spatial distribution of water resource and cultivated land of Hubei Province

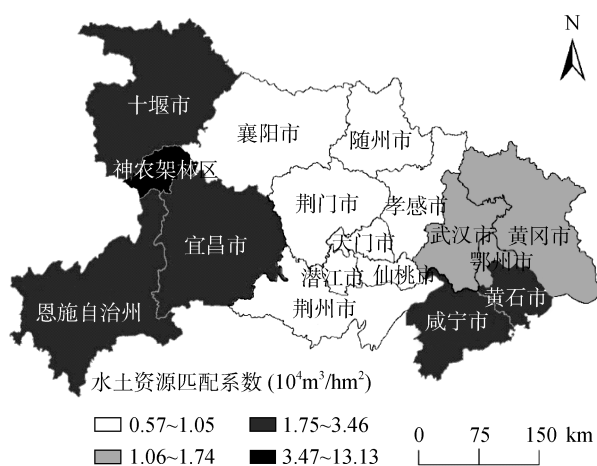


图 2 湖北省农业水土资源匹配格局

Fig. 2 Matching pattern of water resource and cultivated land in Hubei Province

昌市和恩施自治州以山地为主,地形起伏大,耕地资源比例较小。

农业水资源和耕地资源空间分布不均导致研究区水土资源匹配程度表现出较大的异质性,总体为“东西优,中部差”的匹配格局。水土资源匹配系数低于全省平均水平($1.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)的城市有 10 个,全部位于湖北省中部,水土资源匹配相对较差的原因是该地区地形以平原和丘陵岗地为主,土地开垦程度较高,土壤肥沃,优质耕地资源比较丰富,但就全省而言,其水资源相对短缺,水资源状况无法满足农业生产的需要。以 2015 年为例,中部 10 市耕地面积占全省的 61.67%,而其水资源总量仅占全省的 38.06%,因此单位面积耕地可拥有的水资源量较少。相对中部地区而言,东部的咸宁、黄石、黄冈和西部的十堰、宜昌、恩施和神农架林区大部分地区为降水高值区,水资源比较充足,但土地垦殖率较低,因此水土资源匹配程度比较均衡,水资源基础条件完全可以满足农业生产的需要。

3.2 农业水土资源承载力测算及时空分布格局

3.2.1 水土资源承载力测算及等级划分 根据上文构建的湖北省农业水土资源承载力评价指标体系,利用熵权法确定各评价指标的权重(表 2),结合 TOPSIS 方法求解农业水土资源承载力综合评价指数,根据数值大小进行降序排序,其结果如表 3 所示。利用熵值法确定权重时,某项指标的正、负理想解之间的差距越大,其熵值越小,说明该指标能提供更多的有用信息,因此被赋予的权重越大。由表 2 可以看出,在 17 项评价指标中,人均水资源量(X_9)和水土资源匹配系数(X_{11})平均权重都大于 0.19,说明该两项指标解释了不同地区农业水土资源承载力差异的较多信息,是影响农业水土资源承载力大小的最主要因素;其次为农业水资源利用效率(X_{14}),其权重大于 0.1,说明农业水土资源承载力大小不仅取决于资源禀赋条件,还受到资源利用技术水平的较大影响。

从湖北省农业水土资源承载力综合评价指数(C_i)的计算结果可以看出,综合评价指数最高的是神农架林区,其平均值为 0.786,远远高于其他地区的承载水平,并且其排名一直高居第 1 位;综合评价指数最低的为十堰市,其多年平均值仅为 0.270,与神农架林区相差 0.516。利用 ArcGIS 的探索数据功能计算 C_i 的变异系数,结果显示其变异系数为 23.65% ~ 35.75%,属于中等空间变异性,表明不同地区水土资源承载力水平存在较大差异。从排名动态变化来看,水土资源承载力水平进步最大的是荆州市,其排名从 2000 年的第 9 名上升到 2015 年的第 3 名;与此同时,排名下降最多的是孝感市,由 2000 年的第 7 名下降到 2015 年的第 13 名。其他地区排名相对位置变化不大,一般在 3 个次序之内,说明湖北省农业水土资源承载力的相对水平具有一定的稳定性。

由于农业水土资源承载力影响因子相互作用的复杂性及其他不确定性因素的存在,综合评价指数的绝对数值并非与真实承载能力呈线性对应关系,因此有必要根据其集聚和离散的分异特征进行等级划分。根据湖北省农业水土资源禀赋条件和社会经济发展的阶段特点,并考虑科学技术进步和资源配置等因素对水土资源承载力可拓性的影响,将湖北省农业水土资源承载力定性划分为 4 个等级:盈余承载(I 级)、安全承载(II 级)、临界承载(III 级)和超载(IV 级)。

3.2.2 水土资源承载力时空分布格局 在 GIS 技术的支持下实现湖北省农业水土资源承载力等级时空分布格局的可视化表达(图 3)。由图 3 可以看出,

表 2 农业水土资源承载力评价指标权重
Tabel 2 Weights of carrying capacity evaluation indexes of agricultural water and soil resources

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
权重	0.032	0.076	0.019	0.038	0.023	0.055	0.053	0.051	0.193
指标	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	
权重	0.027	0.192	0.031	0.044	0.106	0.025	0.015	0.019	

表 3 湖北省农业水土资源承载力综合评价结果
Table 3 Comprehensive evaluation results of carrying capacity of agricultural water and soil resources in Hubei Province

地区	2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
	C_i	排序	C_i	排序	C_i	排序	C_i	排序
武汉市	0.584	4	0.627	5	0.427	11	0.481	8
黄石市	0.244	17	0.356	14	0.282	17	0.313	16
十堰市	0.267	16	0.248	17	0.290	16	0.276	17
宜昌市	0.309	14	0.359	12	0.385	12	0.428	12
襄阳市	0.437	10	0.399	11	0.479	9	0.464	9
鄂州市	0.339	12	0.355	16	0.332	15	0.347	15
荆门市	0.613	3	0.634	4	0.492	7	0.618	2
孝感市	0.569	7	0.456	9	0.438	10	0.404	13
荆州市	0.454	9	0.406	10	0.505	6	0.586	3
黄冈市	0.335	13	0.358	13	0.360	13	0.448	10
咸宁市	0.301	15	0.356	15	0.350	14	0.348	14
随州市	0.347	11	0.523	6	0.488	8	0.438	11
恩施州	0.744	2	0.758	2	0.652	2	0.514	4
仙桃市	0.528	8	0.516	8	0.529	4	0.512	5
潜江市	0.580	5	0.522	7	0.547	3	0.505	6
天门市	0.569	6	0.640	3	0.526	5	0.501	7
神农架	0.807	1	0.857	1	0.782	1	0.697	1

湖北省农业水土资源承载力水平存在较大的空间异质性。整体上,农业水土资源承载力最高的是神农架林区和恩施自治州,其承载力水平大部分时段处于盈余状态,表明两地区农业水土资源完全可以满足发展需要,未来进一步开发利用的潜力很大。神农架林区和恩施自治州位于湖北省西南部,地形以中高海拔的山地为主,森林覆盖率很高,年均降水 1 100 mm 以上,水资源十分丰富,虽耕地资源有限,但由于人口密度全省最低,社会经济活动对生态环境破坏较小,因此水土资源利用与社会经济发展非常协调。其次是荆门、仙桃、潜江、天门、武汉、荆州 5 个城市,水土资源承载力基本保持在 II 级以上水平(安全承载为主),水土资源利用和社会经济发展比较均衡,水土资源未来尚有较强的开发潜力。不难发现,这些地区刚好处于江汉平原的核心地带,自然条件优越,耕地资源充足,是湖北省最重要的粮食产区,只要对水土资源科学开发、有效利用,水土资源承载力将会继续维持在较高水平。处于第三梯队的是随州、襄阳、孝

感、宜昌、黄冈等城市,水土资源承载力以临界超载为主,表明其社会经济快速发展与水土资源供给不足的矛盾开始凸显,水土资源面临的形势不容乐观。虽然襄阳、随州、孝感 3 市耕地资源比较丰富,但水资源相对短缺,其多年平均水土资源匹配系数分别为 0.74×10^4 、 1.05×10^4 、 0.73×10^4 m^3/hm^2 ,远远低于湖北省水土资源匹配系数的均值水平(1.45×10^4 m^3/hm^2);相反,宜昌和黄冈两地水资源较为丰富,但耕地面积相对不足。农业水土资源承载力最低的是十堰、鄂州、咸宁、黄石 4 个城市,2000—2015 年一直呈超载状态,说明其社会经济发展与水土资源供给不平衡,现状条件下水土资源进一步开发利用的潜力较小。原因主要是这些地区以山地丘陵为主,耕地资源短缺,水土流失严重;工业、高耗水产业比重较大,对生态环境造成很大破坏。此外,非农产业挤占农业用地、水资源利用效率较低也加剧了上述地区水土资源紧张态势。

从农业水土资源承载力水平的时间变化趋势来看,虽然大部分地区综合承载力指数呈现波动,但其

承载力等级较为稳定,仅荆州市实现了承载力状态的较大跨越。荆州市 2000 年和 2005 年的水土资源承载力为临界超载,2010 年变为安全承载,2015 年为盈

余承载。原因可能是该市大力加强农田水利建设,保护耕地,发展节水节能技术,提高农业现代化水平,从而促进了农业水土资源承载力的较大提升。

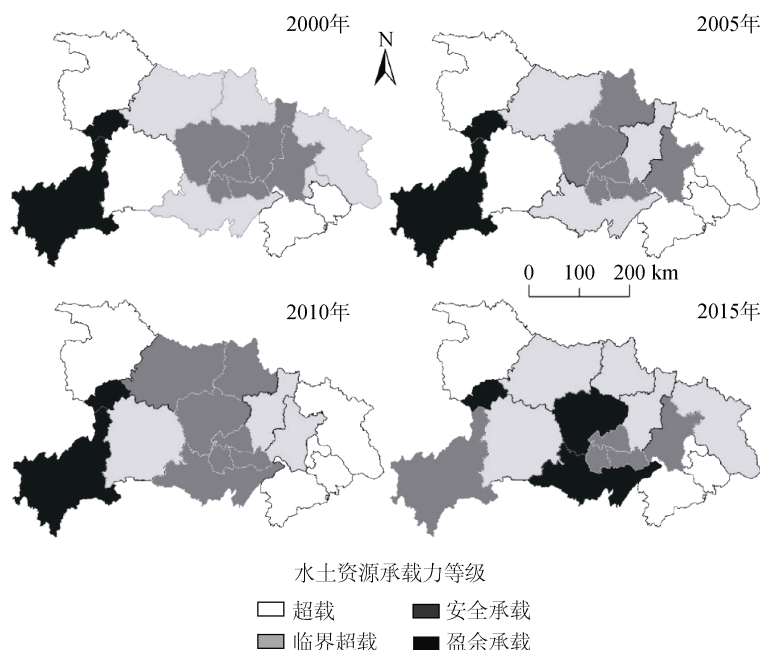


图3 湖北省农业水土资源承载力时空分布格局

Fig. 3 Temporal-spatial distribution of carrying capacity of agricultural water and soil resources in Hubei Province

4 讨论

各地区应根据农业水土资源承载力的现状采取不同的应对措施。以盈余承载为主的地区在满足经济社会发展对水土资源需求的前提下,应更加注重生态环境的保护,适度开发当地特色资源,促进居民增产增收,建设生态宜居城市。以安全承载为主的地区,应在保护农业水资源和耕地资源的前提下,增加农业资金和技术投入,提升农业现代化水平,挖掘粮食增产潜力;加强农田基本建设,大力推广节水技术,提高水资源利用效率。以临界超载和超载为主的区域,必须严格控制非农产业对耕地的占用,保护现有耕地数量和生产能力,预防潜在的水土流失;限制高耗水、高污染产业的发展,加强区域间水资源配置工程建设;特别注意优化产业结构,因地制宜地发展特色产业,促进水土资源可持续利用和社会经济可持续发展。

熵权 TOPSIS 将 TOPSIS 模型的简单实用和熵值法的客观赋权相结合,是进行农业水土资源承载力综合研究的一种可行方法,采用该方法评价湖北省农业水土资源承载力时空动态,其结论与实际相符,可为研究区农业水土资源可持续高效利用提供决策参考。但利用该模型只能测度区域各评价单元水土资源承载力的相对等级,无法反映真实的承载能力大小。因此,今后工作重点应是构建更为科学合理的、

具有广泛适用性的水土资源承载力评价指标体系,并制定切实可行的评价指标等级划分标准,以加强不同区域农业水土资源承载力的对比分析和综合研究。

5 结论

湖北省农业水资源和耕地资源空间分布不均衡,多年平均水土资源匹配系数为 $1.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,总体呈现“东西优,中部差”的匹配格局。不同地区水土资源承载力水平存在较大差异,其中,神农架林区和恩施自治州最高,承载力水平基本处于盈余状态;其次是荆门、仙桃、潜江、天门、武汉、荆州 5 个城市,水土资源承载力基本以安全承载为主;再次是随州、襄阳、孝感、宜昌、黄冈等城市,水土资源承载力以临界超载为主;水土资源承载力最低的是十堰、鄂州、咸宁、黄石 4 个城市,2000—2015 年一直呈超载状态。从农业水土资源承载力水平时间变化趋势来看,大部分地区综合承载力指数出现波动,但其承载力等级较为稳定,只有荆州市水土资源承载力水平出现显著提升。

参考文献:

- [1] 任守德,付强,王凯. 基于宏微观尺度的三江平原区域农业水土资源承载力[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 8-14

- [2] 王浩, 杨贵羽, 杨朝晖. 水土资源约束下保障粮食安全的战略思考[J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(3): 329–336, 321
- [3] 白洁芳, 李洋洋, 周维博. 榆林市农业水土资源匹配与承载力[J]. 排灌机械工程学, 2017, 35(7): 609–615, 626
- [4] 焦晓东, 尹庆民. 基于 PSO-PPM 模型的江苏省农业水土资源承载力研究[J]. 江西农业学报, 2016, 28(3): 87–92
- [5] 朱小娟, 刘普幸, 赵敏丽, 等. 甘肃省土地资源承载力格局的时空演变分析[J]. 土壤, 2013, 45(2): 1346–1354
- [6] 张青峰, 张翔, 田龙. 区域农业水土资源利用分区指标体系建设方案——以西北旱区为例[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(9): 117–124
- [7] 任守德, 付强, 王凯, 等. 基于 RAGA—PPPCA 模型的区域农业水土资源承载力综合评价[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 116–120
- [8] 施开放, 刁承泰, 孙秀峰. 基于熵权可拓决策模型的重庆三峡库区水土资源承载力评价[J]. 环境科学学报, 2013, 33(2): 609–616
- [9] 陈红梅, 杭艳红, 杨林, 等. 黑龙江省水土资源承载力综合评价及空间分异特征研究[J]. 节水灌溉, 2016(4): 60–64
- [10] 李慧, 周维博, 庄妍, 等. 延安市农业水土资源匹配及承载力[J]. 农业工程学报, 2016, 32(5): 156–162
- [11] 南彩艳, 栗晓玲. 基于改进 SPA 的关中地区水土资源承载力综合评价[J]. 自然资源学报, 2012, 27(1): 104–114
- [12] 杨剑, 孙小舟, 曾群, 等. 基于负载指数的湖北省水资源开发潜力综合评价[J]. 环境工程, 2015, 33(12): 10–13, 18
- [13] 赵自阳, 李王成, 张宇正, 等. 基于 DPSIR 模型的宁夏农业水土资源安全评价[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(8): 1336–1346
- [14] 王洁云, 许译文, 吴克宁, 等. 新疆水土资源综合承载力评价与水土耦合[J]. 太原理工大学学报, 2014, 45(4): 500–505
- [15] 周智, 黄英, 黄娟. 水土资源承载力区域差异与影响因素[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 344–349
- [16] 张晓娟, 周后刚. 基于熵权 TOPSIS 和灰色模型的土地承载力评价与预测——以三峡库区为例[J]. 资源开发与市场, 2017, 33(6): 666–671
- [17] 徐文斌, 郭灿文, 王晶, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型的海岛地区资源环境承载力研究——以舟山普陀区、定海区为例[J]. 海洋通报, 2018, 37(1): 9–16
- [18] 范树平, 刘友兆, 程从坤, 等. 巢湖流域土地利用效益测度与综合判定[J]. 土壤, 2017, 49(4): 838–845
- [19] 雷勋平, 邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报, 2016, 36(1): 314–323
- [20] 刘彦随, 甘红, 张富刚. 中国东北地区农业水土资源匹配格局[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 847–854

Study on Temporal-spatial Dynamics of Carrying Capacity of Agricultural Water and Soil Resources (CCAWSR) in Hubei Province Based on Entropy-weight TOPSIS

YANG Jian¹, DING Lingling¹, LI Xinyao², CHANG Huajin¹, SUN Xiaozhou¹

(1 College of Resource Environment and Tourism, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang, Hubei 441053, China;

2 College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Based on a comprehensive analysis of the spatial distribution characteristics and matching patterns of agricultural water and soil resources in Hubei Province, the DPSIR conceptual model was used to establish an evaluation index system for agricultural water and soil resources carrying capacity, then entropy-weight TOPSIS was constructed to evaluate the carrying capacity of agricultural water and soil resources (CCAWSR) in Hubei Province. The results showed that there is a great difference in CCAWSR in different regions. CCAWSRs of Shennongjia and Enshi are surplus. CCAWSRs of Jingmen, Xiantao, Qianjiang, Tianmen, Wuhan and Jingzhou are safe. CCAWSRs of Suizhou, Xiangyang, Xiaogan, Yichang and Huanggang are nearly overloaded. CCAWSRs of Shiyan, Ezhou, Xianning and Huangshi have been overloaded. Only CCAWSR of Jingzhou has improved significantly from 2000 to 2015. Finally, some solutions were put forward according to the status of CCAWSR in different areas. The results can provide a reference for rational allocation of agricultural water and soil resources and promote sustainable use of resources and sustainable socio-economic development.

Key words: Agricultural water and soil resources; Carrying capacity; Entropy-weight; TOPSIS; Hubei Province