

河南省农业水土资源时空分异与匹配格局

文倩, 孟天醒, 鄢雨旱

(河南农业大学 资源与环境学院, 郑州 450002)

摘要: 水土资源是人类生产、生活的核心资源, 其空间分布对区域粮食生产和耕地可持续利用有重要影响。河南省是我国重要的粮食主产区, 为了解河南省水土资源的空间分布与匹配状况, 在构建农业水土资源匹配模型的基础上, 对河南省18个地市1999—2013年水土资源时空匹配程度进行了分析评价。结果表明: (1) 研究期内, 河南省耕地面积增加了19%, 净增131.3万 hm^2 , 农业用水比重降低了13%, 净减少23.8亿 m^3 ; 河南省耕地资源优势明显, 而水资源匮乏; 水土资源数量不匹配。(2) 河南省水资源主要分布在河南省北部和南部, 耕地资源主要分布在河南省东部和南部, 水土资源空间不匹配。(3) 河南省水土资源匹配系数为0.21万 m^3/hm^2 , 仅为全国平均水平(0.56万 m^3/hm^2)的38%; 研究期内河南省水土资源匹配系数降低了25%。(4) 河南省水土资源匹配空间差异显著, 呈现出“北部最优、南部东部优于中部和西部”的格局。全省76%耕地水土资源匹配程度为“较差”(0.33< R ≤0.50)或“极差”(0.09< R ≤0.15), 仅有6%的耕地水土资源匹配程度“较优”(0.33< R ≤0.50)。水资源是河南省农业的主要限制因子, 全面加强水利基础设施建设、加强节水农业技术综合运用、优化农业水土资源配置是提高河南省水土资源匹配程度, 保障粮食生产的重要途径。

关键词: 农业; 水土资源; 匹配系数; 时空分异; 河南省

中图分类号: F323.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)05-0233-07

Temporal and Spatial Variation and Match Pattern of Agricultural Land and Water Resources in Hen'an Province

WEN Qian, MENG Tianxing, YUN Yuhan

(College of Resources and Environment, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Water and land resources are the core resources for human being, and their spatial distributions have the significant impact on regional grain production and sustainable utilization of cultivated land. He'nan Province is one of major grain product areas in China. We aimed to reveal the spatial matching status of water and land resource of 18 cities in He'nan Province from 1999 to 2013 by using water and soil resources matching model. The results showed that: (1) the cultivated land was 19% higher in 2013 than in 1999, and the water consumption for agricultural was 13% lower in 1999 compared with 2013; He'nan Province was rich in cultivated land, while water resource was relatively poor, so the water and soil resources were mismatched; (2) There was a spatial mismatch between water and land resources, the southern and eastern He'nan had major cultivated land, however, the northern and southern He'nan had major water resources; (3) the matching coefficient of water and land resources was $2.1 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hm}^2$, which was far below the national average level ($5.6 \times 10^3 \text{m}^3/\text{hm}^2$); (4) the matching level gradually deteriorated from the northern and southern boundaries of He'nan to the middle of the area, north He'nan was optimal and east and west He'nan took the middle place which was better than central and west He'nan. For water and land resources matching conditions, only 6% of He'nan covered the good level while 76% of He'nan showed poor level or even poorer. Therefore, the shortage of water resources was the main limiting factor for the agriculture development in He'nan Province. To against the distinct regional diversity of water and land resources, constructing water conservancy works, comprehensive agricultural water saving technology and optimizing water distribution should be involved and applied.

Keywords: agricultural; land and water resources; matching coefficient; temporal and spatial distribution difference; He'nan Province

水土资源既是生态经济系统中基础性、战略性和敏感性的因素^[1],也是人类生产生活的核心资源和社会经济发展的支撑与保障条件^[2]。水资源的丰缺程度和开发利用直接影响耕地资源的生产效率和利用方式,耕地资源的开垦程度也制约着水资源的开发利用^[3];二者的时空匹配程度与区域农业可持续发展紧密相关^[4]。早期对水土资源的相关研究多集中于水资源空间分布或耕地资源的数量与质量对农业的影响^[5-7],近期则主要关注区域水土资源匹配及其承载力^[1,3,8-10]。研究表明我国水土资源匹配程度处于世界平均水平^[11];水资源丰富区多分布在中东部和南方,粮食生产重心则位于中西部和北方^[12]。虽然耕地资源是限制我国粮食生产的主要因素,但北方水资源的约束亦不可忽视^[13];除个别区域水资源丰富而土地资源相对紧缺外^[14],普遍水资源短缺、水土资源空间错位、匹配程度差异明显^[3,8-9,15]。例如,我国东北地区耕地面积占全国 16.68%,水资源仅占 4.01%^[16]。同时受工业化、城市化影响,农业水土资源出现挤占、短缺和区域性结构破坏等非持续利用问题,也将直接威胁国家和区域的粮食生产安全^[17]。

河南省作为国家确定的粮食生产核心区和《全国新增 1 000 亿斤粮食生产能力规划(2009—2020 年)》中确定的重点区域之一,在中国粮食安全格局中具有举足轻重的战略地位^[18];但随着经济的快速增长,水土资源供需矛盾亦日益突出^[19]。本研究通过构建洛伦兹曲线和区域水土资源匹配测算模型,定量研究和科学评价河南省水土资源的时空匹配特征,不仅有利于优化水土资源空间配置,实现水土资源持续利用,同时可为进一步挖掘区域农业生产潜力,保障国家粮食安全提供科学指导。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

河南省地处中原地区,地理位置北纬 31°23′—36°22′,东经 110°21′—116°39′,土地总面积 16.55 万 km²,其中耕地面积 8.14 万 km²。地势西高东低,平原和盆地、山地、丘陵分别占总面积的 55.7%,26.6%和 17.7%。属暖温带—亚热带,湿润—半湿润季风气候。年平均气温 12.4~16.1℃,年平均降水量 432~1 632 mm,降雨以 6—8 月最多,气候温和、无霜期长,适宜多种农作物生长。河南省地跨长江、淮河、黄河、海河 4 大流域,省内河流大多发源于西部、西北部和东南部山区,流域面积超过 100 km² 的河流有 560 条。多年平均水资源总量 403.5 亿 m³,人均水资源占有量 383 m³。土壤类型以黄棕壤、棕壤、黄褐土、褐土、潮土为主,土壤肥力高、较适宜农业发展。现辖 18 个省辖市以及 10 个直管县。

1.2 研究方法与数据来源

1.2.1 农业水土资源匹配程度评价 评价农业水土资源匹配程度主要有基尼系数法和单位耕地面积所拥有的水资源量法两种方法。本文通过构建河南省洛伦兹曲线来计算基尼系数,对河南省水土资源匹配状况进行总体评价。用单位耕地面积所拥有的水资源量计算、评价河南省各地市水土资源匹配状况。区域水资源量可采用水资源总量或可利用水资源量来表征。由于水资源总量中包含了不具备开发利用价值的地下水以及不适合开发利用的生态用水^[20],为使分析结果更加严谨、可靠,本文使用水资源可利用量表征水资源量,进行水土资源匹配程度分析。

(1) 基尼系数计算。依据克鲁格曼在产业与空间布局关系方面的研究,结合资源的空间分布特性,可通过构造洛伦兹曲线研究区域资源的匹配问题。具体步骤如下^[21]:① 以河南省 18 个地级市为基本单位,计算单位体积水资源量所服务的耕地面积,并由低到高排序;② 分别计算各地市水、土资源占河南省资源总量的比例,按照步骤①的排序,计算各地市水、土资源占河南省资源总量的累积比例;③ 将水资源占全省水资源总量的累积比例作为横坐标,土地资源占全省土地资源总量的比例作为纵坐标,绘制水、土资源空间匹配的洛伦兹曲线;④ 对曲线进行参数估计并拟合曲线方程,利用积分求解 0~1 间曲线与 45°线所夹图形的面积,该面积的 2 倍即为基尼系数 G 。耕地资源的地理分布与水资源的地理分布越一致,则曲线越与 45°线接近, G 值越小,当各区域水土资源分布完全匹配时,曲线与 45°线重合,即 $G=0$;反之,若耕地资源几乎完全集中在某一区域,而该区域水资源又很缺乏时,则区域基尼系数 G 越接近于 1,说明水土资源极不匹配。

(2) 水土资源匹配系数测算模型构建。采用单位耕地面积所拥有的水资源可利用量计算水土资源匹配系数。其中农业水资源量依据河南省用水结构(农业用水、工业用水、生活用水)中农业用水比重来确定,水土资源匹配系数计算以市域为基本单元。河南省水土资源匹配系数计算模型为:

$$R_{ik} = (W_{ik} a_{ik}) / L_{ik} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: R_{ik} 为河南省 i 市 k 年水土资源匹配系数(10⁴ m³/hm²); W_{ik} 为 i 市 k 年水资源可利用量(10⁸ m³); L_{ik} 为 i 市 k 年耕地面积(10⁴ hm²); a_{ik} 为 i 市 k 年农业用水占总用水的比重; n 为河南省地级市数,本文为 18。

河南省域水土资源匹配系数表征省内各市水土资源匹配系数的平均水平,其计算模型为:

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_{ik} / n \quad (2)$$

式中: R_k 为河南省 k 年农业水土资源匹配系数; R_{ik}

为 i 市 k 年水土资源匹配系数; n 为河南省辖市的数量, $n=18$ 。

1.2.2 数据来源及图件制作 水资源数据来源于《河南省水资源公报》(1999—2013);耕地资源数据来源于《河南省统计年鉴》(1999—2013)。利用 ArcGIS 10.0 软件采用自然断裂法(Jenks)对可利用水资源量、耕地资源总量及水土资源匹配系数等指标进行分级,得到水资源、耕地资源及水土资源空间分布图。

2 河南省水土资源时空分布

2.1 水土资源动态变化

河南省多年平均水资源总量为 403.5 亿 m^3 ,其中地表水资源量 302.66 亿 m^3 ,地下水水资源量 190.00 亿 m^3 ,地表水和地下水重复量 95.13 亿 m^3 [22]。为分析近 15 a 河南省农业水资源与土地资源的基本状况,选取 1999 年、2004 年、2013 年份数据进行趋势研究(表 1)。研究期内河南省水资源可利用总量基本不变、但空间差异较大。1999 年全省水资源可利用总量 228.6 亿 m^3 ,比常年减少 50.6%;全省农业用水比重为 69%、用水总量 159.7 亿 m^3 ,94.9% 农业用水用于灌溉;农业、工业、生活用水比例为 69.8 : 17.7 : 12.5。2004 年水资源可利用量和农业用水总量较 1999 年分别减少 12% 和 8%。2013 年水资源可利用总量

238.6 亿 m^3 ,较多年均值偏少 46.7%,全省农业用水占总用水量的 57.0%,其中 92.21% 用于灌溉;农业、工业、生活用水比例为 56.4 : 24.7 : 18.8。研究期内农业用水总量减少 23.8 亿 m^3 ,比重降低 12.9%,工业和生活用水分别增加 6.8% 和 6.1%,其中城镇生活用水增长最为显著。1999—2013 年,郑州、开封、洛阳、平顶山、濮阳、三门峡、周口水资源可利用量有所增加,特别是平顶山的水资源可利用量增加了 35.5%;鹤壁、许昌、漯河、新乡等市下降明显,其余地市水资源可利用数量基本不变。

2013 年河南省耕地总面积为 814 万 hm^2 ,较 1999 年增加了 19.2%、净增 131.3 万 hm^2 ,年均增加 8.8 万 hm^2 。各市耕地面积均有所增加,其中信阳、新乡、洛阳、平顶山、南阳等市耕地面积增加量超过 20%,特别是信阳耕地面积增加了 62%。土地整理复垦是新增耕地的主要来源,河南省国土资源公报(2013)显示,2013 年河南省完成高标准基本农田建设 60.1 万 hm^2 。1999 年,单位耕地面积水资源量 2 339.7 m^3/hm^2 ,2013 年单位耕地面积水资源量 1 668.7 m^3/hm^2 ,近 15 a 河南省单位耕地面积水资源量减少了 28.7%,每 1 hm^2 耕地水资源占有量净减少 671.0 m^3 ,水资源短缺危机进一步加剧。

表 1 1999 年、2004 年、2013 年河南省水资源可利用量、农业用水比重及耕地面积

地区	1999 年			2004 年			2013 年		
	水资源可利用量/ $10^8 m^3$	农业用水比重/%	耕地面积/ $10^4 hm^2$	水资源可利用量/ $10^8 m^3$	农业用水比重/%	耕地面积/ $10^4 hm^2$	水资源可利用量/ $10^8 m^3$	农业用水比重/%	耕地面积/ $10^4 hm^2$
郑州	14.4	56.6	29.4	13.8	46.7	33.0	17.4	25.7	32.9
开封	13.3	81.0	36.2	12.2	75.7	42.8	15.4	72.3	41.4
洛阳	12.8	61.8	35.9	13.2	40.2	42.7	15.1	32.1	43.3
平顶山	9.3	57.2	26.8	9.1	52.5	31.5	12.6	21.4	32.2
安阳	16.4	71.0	36.4	16.2	78.2	40.9	16.3	73.4	41.0
鹤壁	6.5	73.9	10.0	4.5	71.6	10.5	4.7	71.3	12.1
新乡	21.7	81.1	37.6	18.9	76.6	45.4	19.3	72.0	47.5
焦作	11.4	74.6	17.0	11.7	66.3	19.2	11.3	69.6	19.5
濮阳	13.3	75.4	24.3	11.3	72.1	26.9	17.5	67.1	28.3
许昌	9.3	65.7	30.6	7.9	47.9	34.4	7.5	36.6	33.9
漯河	5.8	63.0	16.6	4.3	49.6	18.9	4.8	41.3	19.0
三门峡	3.5	48.5	16.1	3.7	41.7	17.8	4.7	30.2	17.7
南阳	24.4	54.7	87.5	22.3	46.6	99.3	24.3	53.8	105.4
商丘	17.2	77.8	62.5	10.6	63.6	72.0	17.3	67.0	70.7
信阳	20	78.8	52.0	16.5	74.0	79.1	18	65.9	84.0
周口	16.4	70.9	78.0	13	64.2	85.4	19.1	67.8	85.6
驻马店	10.5	73.4	82.0	9.3	64.0	88.5	10.7	62.0	95.0
济源	2.4	70.1	3.9	2.3	63.8	4.1	2.6	62.0	4.6
全省	228.6	69.9	682.8	200.7	62.1	792.4	238.6	57.0	814.1

2.2 水土资源空间分布

从空间上看,河南省水资源的分布很不均衡、表现出“南北多、中西少”的特点。豫南和豫北地区的南阳、信阳、新乡、周口、商丘、濮阳等市水资源较为丰富

(图 1),水资源可利用量均超过 17 亿 m^3 ,约占全省水资源可利用总量的 56%。豫西和豫中则相对匮乏,如济源、三门峡、漯河、鹤壁等市的水资源可利用量仅为全省平均水平的 20%~36%,其中济源水

源可利用量仅为南阳的 10%。其原因为河南省北部属黄河、海河流域,南部属长江、淮河流域,因此水资源较为丰富。

河南省耕地资源主要分布在豫东、豫南,其次为豫北、豫中,豫西耕地最少(图 1)。南阳、周口、驻马

店、信阳是河南省耕地最多的几个地区,耕地面积均超过 80 万 hm^2 ,其耕地面积之和占河南省耕地面积的 45%。但可利用水资源量仅占全省总量的 30%;特别是驻马店耕地面积占全省总面积的 12%,水资源可利用量仅占 4%,水土资源分布极不平衡。

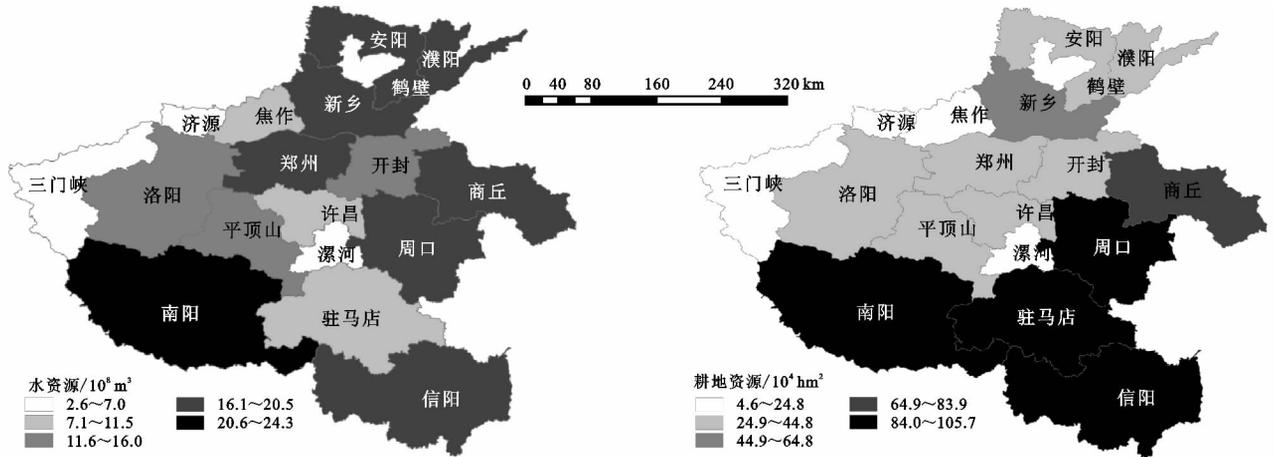


图 1 2013 年河南省水资源和耕地资源空间分布格局

3 河南省水土资源匹配水平及时空分异

3.1 基尼系数动态变化

依照构建洛伦兹曲线的方法,分别建立河南省 1999 年与 2013 年可利用水资源量、农业用水量与耕地资源匹配的洛伦兹曲线并计算基尼系数(图 2A、图 2B)。图 2A 显示,近 15 a 河南省可利用水资源与耕地面积匹配的基尼系数 G 略有增加但变化不大,水土资源分布相对合理,35%的可利用水资源服务了 50%的耕地面积。由于大多数地市可利用水资源量基本不变甚至有所增加,因此基尼系数增大主要是由于耕地面积的不均衡增加造成的。但从基于实际用水量计算的基尼系数来看,研究期内基尼系数变化显著(图 2B)。1999 年基尼系数 $G=0.132$,小于可利用水资源与耕地面积匹配的基尼系数,说明区域内实际用水量与土地资源分布相对均衡、较为匹配;但 2013 年基尼系数 $G=0.330$,不仅比 1999 年显著增加,同时还明显高于可利用水资源与耕地面积匹配的基尼系数,反映了研究期内河南省水资源实际利用与分配的不均衡程度在不断加剧,35%的可利用水资源服务了约 55%的耕地面积,其根本原因是区域内部水资源在不同产业间的利用与分配结构的变化导致的。

3.2 水土资源匹配系数动态变化

河南省 1999—2013 年平均水土资源匹配系数为 0.21 万 m^3/hm^2 ,远低于全国平均水平(0.56 万 m^3/hm^2)^[11]。总体上看,焦作、濮阳、鹤壁、济源、新乡等市水土资源匹配系数较高、焦作最高;驻马店、漯河、三门峡、许昌、周口、南

阳、洛阳、平顶山、商丘等市匹配系数较低,驻马店匹配系数最低、仅为焦作的 17%、单位耕地水资源量比焦作少 0.35 万 m^3/hm^2 。其根本原因是水土资源的分布状况,焦作耕地面积小但有丰富的地表及岩溶水资源;驻马店耕地面积全省第二,但地表水资源多分布于山区,可利用水资源比例小,因此农业用水需求和供给矛盾突出。此外,耕地资源丰富的南阳、驻马店、周口、信阳与商丘的水土资源匹配系数都低于 0.11 万 m^3/hm^2 (表 2)。

1999—2013 年,河南省水土资源匹配系数降低了 34%。其中,许昌、平顶山、漯河、信阳、郑州,洛阳等地区降幅超过 50%,许昌最多,下降了近 60%;洛阳、鹤壁、新乡下降了 30%~50%,其余地区下降了 9%~30%;仅周口、濮阳水土资源匹配系数略有增加。

研究期内,河南省水土资源匹配特征发生了较大变化。河南省是我国重要的粮食主产区,由于国家严格的耕地保护政策,1999—2013 年,耕地面积增加了约 19%并保持稳定;但与之对应的水土资源匹配系数却不断下降,15 a 降低了近 25%,其下降程度超过耕地面积的增加程度。水土资源匹配系数降低人口数量与耕地面积增长、用水结构改变以及用水效率低下和水利设施建设滞后有关^[18,23]。水资源相对于耕地数量的不足日趋严重,将成为河南省农业发展和粮食生产重要的限制因素。

3.3 水土资源匹配时空分异

为研究市域尺度河南省水土资源匹配系数空间分布,将 1999 年、2013 年河南省水土资源匹配系数划分为四个等级以进行空间分析: I 匹配程度较优

($0.33 < R \leq 0.50$), II 匹配程度良好 ($0.23 < R \leq 0.33$), III 匹配程度较差 ($0.16 < R \leq 0.23$), IV 匹配程度极差 ($0.09 < R \leq 0.15$)。河南省水土资源空间匹配总体特点是从南北方向由边缘向中间匹配程度逐渐变差,呈现出“北部最优、南部东部优于中部和西部”的格局;并随时间变化水土资源匹配水平逐渐降低(图 3)。1999 年,河南省 9 个地市水土资源匹配程度较差、极差,占全

省耕地总面积的 64%;2013 年全省仅 6.4%的耕地属于匹配较优级别,水土资源匹配良好或较优的地市全部分布在豫北;11 个地市属于水土资源匹配程度较差和极差等级,占全省耕地总面积的 76%。河南省水土资源匹配空间错位,其根本原因为水资源和土地资源的空间分布不均衡,豫北水资源丰富而耕地面积小、豫东耕地资源丰富但水资源相对缺乏。

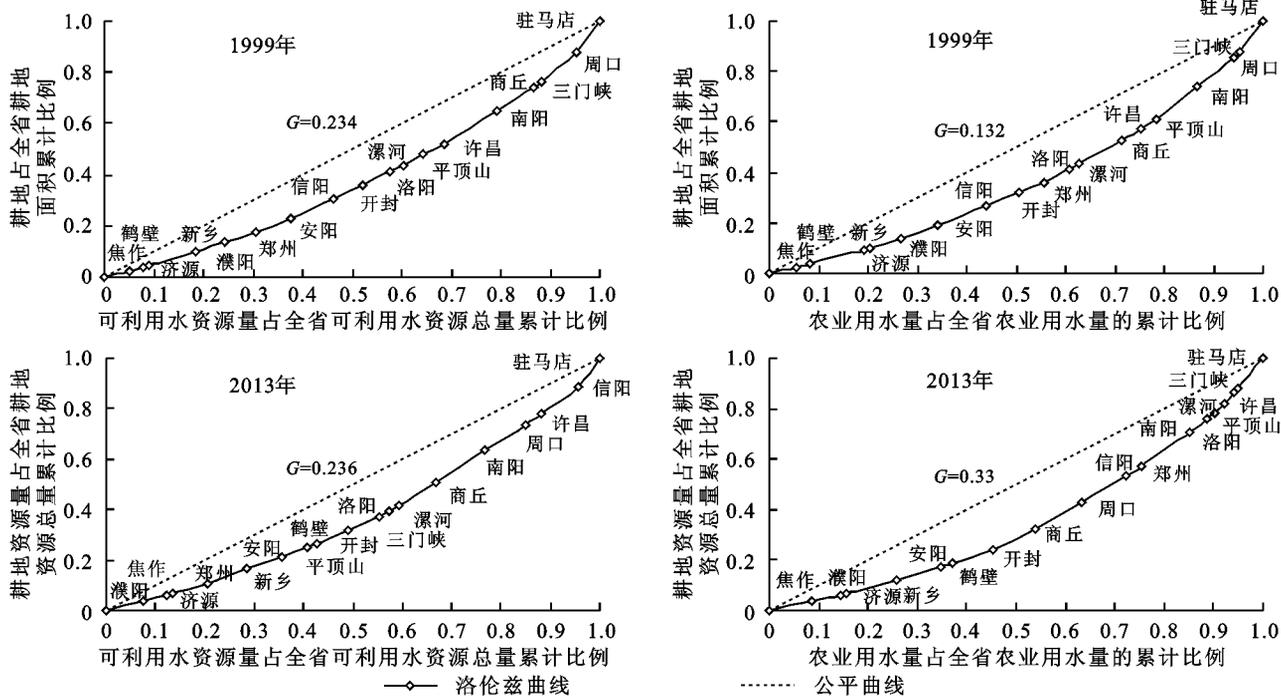


图 2 河南省 1999 年与 2013 年农业用水量与可利用水资源、耕地资源匹配洛伦兹曲线

表 2 河南省 1999—2013 年水土资源匹配系数

$10^4 \text{ m}^3 / \text{hm}^2$

地区	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	平均
郑州	0.28	0.27	0.28	0.29	0.25	0.20	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.16	0.12	0.12	0.14	0.21
开封	0.30	0.30	0.32	0.30	0.23	0.22	0.25	0.25	0.23	0.34	0.38	0.25	0.25	0.24	0.27	0.27
洛阳	0.22	0.13	0.17	0.16	0.12	0.13	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.13
平顶山	0.20	0.12	0.19	0.13	0.13	0.15	0.14	0.17	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.10	0.08	0.14
安阳	0.32	0.26	0.31	0.33	0.31	0.31	0.30	0.35	0.35	0.28	0.25	0.23	0.20	0.23	0.29	0.29
鹤壁	0.48	0.42	0.45	0.53	0.40	0.31	0.35	0.38	0.43	0.37	0.32	0.27	0.23	0.24	0.27	0.36
新乡	0.47	0.44	0.53	0.51	0.41	0.32	0.25	0.32	0.25	0.25	0.27	0.25	0.25	0.26	0.29	0.34
焦作	0.50	0.46	0.45	0.41	0.37	0.41	0.40	0.53	0.44	0.45	0.45	0.40	0.36	0.38	0.41	0.43
濮阳	0.41	0.37	0.40	0.43	0.38	0.30	0.37	0.43	0.38	0.36	0.37	0.36	0.37	0.37	0.41	0.38
许昌	0.20	0.14	0.15	0.14	0.11	0.11	0.12	0.10	0.08	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.08	0.11
漯河	0.22	0.22	0.22	0.14	0.07	0.11	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.10	0.12
三门峡	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09
南阳	0.15	0.13	0.17	0.10	0.09	0.10	0.07	0.12	0.10	0.12	0.13	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12
商丘	0.21	0.16	0.18	0.17	0.11	0.09	0.09	0.14	0.08	0.13	0.14	0.13	0.13	0.15	0.16	0.14
信阳	0.30	0.23	0.31	0.15	0.16	0.16	0.09	0.16	0.09	0.14	0.13	0.14	0.15	0.14	0.14	0.17
周口	0.15	0.12	0.17	0.15	0.07	0.10	0.09	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15	0.13
驻马店	0.09	0.07	0.10	0.08	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.10	0.11	0.07	0.08
济源	0.43	0.31	0.41	0.45	0.29	0.36	0.37	0.34	0.30	0.31	0.30	0.34	0.23	0.32	0.35	0.34
全省	0.28	0.24	0.27	0.25	0.20	0.19	0.19	0.22	0.19	0.20	0.20	0.18	0.17	0.18	0.20	0.21

4 讨论

4.1 水土资源秉赋

水土资源是人类生产、生活的基本资料,水土资源耦合是农业生产的先决条件;但由于水土资源分布空间错位,干旱成为我国北方地区农业及粮食生产的主要灾害^[17]。河南省是我国极度缺水的 6 大地区之一^[24],水资源占有量不足全国的 1.4%,每 1 hm² 耕地水资源占有量为全国的 26%^[25]。同时,河南省大、中型灌区基础设施完好率不足 40%,超过 40%的农用机井建于 20 世纪 80 年代之前,70%的小型水库建于 20 世纪 70 年代^[26]。因此,河南省水资源短缺既有自然性缺水的约束,也是工程性缺水的后果。农业是我国的用水大户,占总用水量的 70%^[27];但农业用水效率低下,平均用水效率仅为 49.1%^[28],单位面积灌溉用水效率低于

60%^[29],每 1 m³ 水粮食产量少于 1 kg、不到发达国家的 50%^[30]。1999—2013 年,河南省农业用水比重降低了 12.9%,工业和生活用水净增 31.5 亿 m³;随着经济发展,工业和生活用水会进一步挤占农业用水,农业将成为河南省主要的缺水户^[22]。河南省耕地面积占全国耕地总面积的 6%,粮食产量占全国粮食总产的 10%,已连续 15 a 粮食总产全国第一^[26],为国家粮食安全作出了重要贡献。第二次土地调查显示,河南省 85.3%的耕地坡度 < 2°,65.6%耕地具有灌溉设施;而我国耕地中有灌溉设施、质量较好的仅占 39%^[17],因此,河南省耕地质量和数量总体较高。但河南省仍有近 54%的耕地属于中低产田^[31],有 330 万 hm² 中低产田和近 133 万 hm² 低洼易涝耕地需要治理^[26]。若解决好水利基础设施、科学技术等制约因素,还有 30%的粮食增产潜力、可增产粮食总量超过 2 000 万 t^[19]。

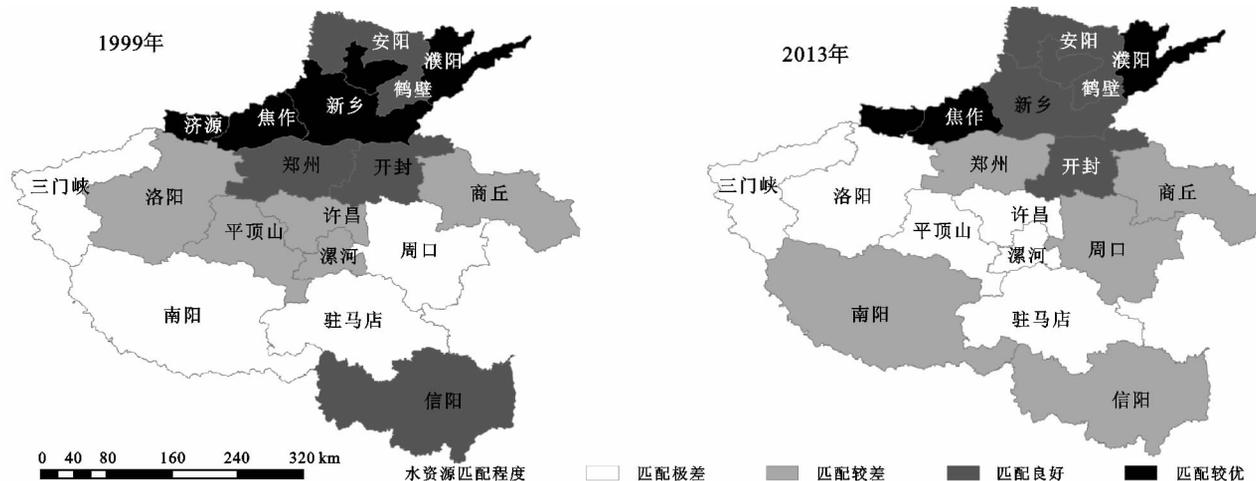


图 3 河南省 1999 年与 2013 年水土资源空间匹配格局

4.2 水土资源匹配

受自然条件限制,水土资源短缺及其匹配错位是我国土地资源的基本格局^[17],也是农业现代化进程中长期的根本性的制约因素^[32-33],将直接影响中国可持续食物安全^[17]。河南省地貌类型多样、气候差异明显,水土资源时空分布不均衡,因此水土资源匹配程度时空差异明显。1999—2013 年,河南省平均水土资源匹配系数(0.21 万 m³/hm²)不仅远低于全国平均水平,甚至低于陕西、河套灌区、延安等干旱区域的水土资源匹配系数^[9,15];其中,又以豫东、豫南的水土资源匹配系数最低。豫东、豫南是河南省农业生产的重要区域,河南省东部地形平坦、耕地面积占河南省耕地总面积的 46.5%、占河南省总产能的 48.8%;可实现粮食单产、可实现粮食总产均为省内最高^[34]。但河南省东部也是严重缺水的地区,特别是周口、驻马店水资源消耗总量最大,利用效率却很低^[35]。水土资源不匹配将直接影响河南省耕地资源的可持续利用和粮食高产、稳产。

增强区域水土资源匹配程度的根本途径是水利工程建设^[17]。2011 年河南省节水灌溉面积仅占有效灌溉面积的 30%^[23];河南省应以节水灌溉、机井建设和灌区续建配套工程为重点,全面加强农田水利工程建设。同时,依据区域水资源实际承载能力,合理确定有效灌溉面积,避免水资源过度开发引起土地退化^[36]和土地资源利用形式改变^[37]等生态环境问题;才能从根本上有效改善水土资源不匹配的现状,为河南省农业发展和粮食生产提供最基本的保障。

5 结论

通过运用水土资源匹配系数测算模型,对 1999—2013 年河南省农业水土资源的时空分异与匹配格局进行了评价研究,结果表明:(1) 研究期内,河南省耕地面积增加了 19%,净增 131.3 万 hm²,农业用水比重降低 13%、农业用水量净减少 23.8 亿 m³;水土资源数量不匹配。(2) 河南省水资源主要分布在北部与南

部,耕地资源主要分布在东部与南部,水土资源空间不匹配。(3)河南省水土资源匹配系数为 $0.21 \text{ 万 m}^3/\text{hm}^2$,仅为全国平均水平($0.56 \text{ 万 m}^3/\text{hm}^2$)的38%;研究期内河南省水土资源匹配系数降低了25%。(4)河南省水土资源匹配空间差异显著,呈现出“北部最优、南部东部优于中部和西部”的格局。全省76%耕地水土资源匹配程度为“较差”或“极差”,仅有6%的耕地水土资源匹配程度“较优”。

参考文献:

- [1] 周浩,雷国平,张博,等. 1990—2013年挠力河流域耕地变化下水土资源平衡效应分析[J]. 农业工程学报, 2015,31(1):272-280.
- [2] 杨艳昭,张伟科,封志明,等. 土地利用变化的水土资源平衡效应研究:以西辽河流域为例[J]. 自然资源学报, 2013,28(3):437-449.
- [3] 姜秋香,付强,王子龙,等. 土地利用变化的水土资源平衡效应研究:以西辽河流域为例[J]. 自然资源学报, 2011,26(2):270-277.
- [4] 张晶,封志明,杨艳昭,等. 宁夏平原县域农业水土资源平衡研究[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(2):60-65.
- [5] 冯耀龙,韩文秀,王宏江,等. 面向可持续发展的区域水资源优化配置研究[J]. 系统工程理论与实践,2003,(2):133-138.
- [6] 姚华荣,吴绍洪,曹明明,等. 区域水土资源的空间优化配置[J]. 资源科学,2004,26(1):99-106.
- [7] 王志锋,宿星,常慧丽,等. 中国水资源禀赋及其空间差异分析[J]. 甘肃科学学报,2007,19(1):145-148.
- [8] 侯薇,刘小学,魏晓妹,等. 陕西关中地区农业水土资源时空匹配格局研究[J]. 水土保持研究,2012,19(1):134-138.
- [9] 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.
- [10] 邓伟,戴尔阜,贾仰文,等. 山地水土要素时空耦合特征、效应及其调控[J]. 山地学报,2015,33(5):513-520.
- [11] 吴宇哲,鲍海君. 基尼系数及其在区域水土资源匹配分析中的应用[J]. 水土保持学报,2003,17(5):123-125.
- [12] Wang Y B, Wu P T, Zhao X N, et al. Virtual water flows of grain within China and its impact on water resource and grain security in 2010[J]. Ecological Engineering,2014,69:255-264.
- [13] 闫丽珍,石敏俊,闵庆文,等. 中国玉米区际贸易与区域水土资源平衡[J]. 资源科学,2008,30(7):1032-1038.
- [14] 陶国芳,蒋兆恒,秦丽杰,等. 基于基尼系数的通化地区水土资源匹配分析[J]. 中国农业资源与区划,2012,33(4):67-71.
- [15] 郑久瑜,赵西宁,操信春,等. 河套灌区农业水土资源时空匹配格局研究[J]. 水土保持研究,2015,22(3):132-136.
- [16] 刘彦随,甘红,张富刚,等. 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.
- [17] 刘彦随,吴传钧. 中国水土资源态势与可持续食物安全[J]. 自然资源学报,2002,17(3):271-275.
- [18] 张衍毓,王静,陈美景,等. 河南省粮食生产核心区建设的战略思考[J]. 中国土地科学,2012,26(3):18-21.
- [19] 王国强,毋黎明. 河南省农业水土资源空间匹配格局对产能的影响[J]. 河南理工大学学报:自然科学版,2012,31(2):225-231.
- [20] 王建生,钟华平,耿雷华,等. 水资源可利用量计算[J]. 水科学进展,2006,17(4):549-553.
- [21] 姜宁,付强. 基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J]. 东北农业大学学报,2010,41(5):56-60.
- [22] 陈辉,宋全香,焦君让,等. 河南省水资源动态配置研究[J]. 人民长江,2013,44(16):86-89,99.
- [23] 张红卫,吴湘婷. 河南省近11年水资源情势变化及可持续利用[J]. 人民黄河,2013,35(9):55-60.
- [24] 何慧爽. 河南省水资源消耗关联度与生态位适宜度研究[J]. 华北水利水电大学学报:社会科学版,2014,30(1):29-32.
- [25] 郑传美,郑垂勇,姚德印,等. 河南省水资源可持续利用对策[J]. 地域研究与开发,1999,18(1):37-42.
- [26] 陈锋正,刘新平,刘向晖,等. 河南省粮食生产存在的问题及解决途径分析[J]. 农业经济,2015,12:9-11.
- [27] 张笑培,王和洲,杨慎骄,等. 气候变化与河南省粮食核心区农业水资源利用浅析[J]. 河南水利与南水北调,2012,2:14-17.
- [28] 王学渊,赵连阁. 中国农业用水效率及影响因素:基于1997—2006年省区面板数据的SFA分析[J]. 农业经济问题,2008(3):10-17.
- [29] 王学渊. 基于数据包络分析方法的灌溉用水效率测算与分解[J]. 农业技术经济,2009(6):40-49.
- [30] 孙景生,康绍忠. 我国水资源利用现状与节水灌溉发展对策[J]. 农业工程学报,2000,16(2):1-5.
- [31] 解宗方,张伟,滕永忠,等. 基于资源潜力开发的粮食增产途径:以河南省为例[J]. 地域研究与开发,2012,31(5):126-130.
- [32] Franeisco J, Montero R, Antonio B R, et al. Land and water use management in vine growing by using geographic information systems in Castilla-La Mancha, Spain[J]. Agricultural Water Management,2005,77:82-95.
- [33] Lester R B, Brian H W. China's water shortage could shake world food security[J]. World Watch,1998,11(4):10-18.
- [34] 王国强,宋艳华. 基于耕地质量数量的河南省粮食生产能力研究[J]. 中国农业资源与区划,2012,33(1):49-55.
- [35] 祝稳,赵锐锋,谢作轮,等. 基于水足迹理论的河南省水资源利用评价[J]. 水土保持研究,2015,22(1):292-298,304.
- [36] 张柏,崔海,于磊,等. 东北平原西部半干旱地区土地退化研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2003,19(1):30-32.
- [37] 雷志栋,苏立宁,杨诗秀,等. 青铜峡灌区水土资源平衡分析的探讨[J]. 水利学报,2002,6(6):9-14.