

基于生态足迹的贵州省农业可持续发展研究

罗美丽, 梁 龙*

(贵州财经大学乡村振兴战略研究所/贵州财经大学管理科学与工程学院, 贵阳 550025)

摘要: 农业可持续发展是全球关注的重要议题, 贵州省作为中国西南地区的重要省份, 其农业可持续发展对于保障国家食品安全、维护生态环境和推动地方经济发展具有重要意义。本研究以贵州省为研究对象, 采用生态足迹模型对其农业可持续发展情况进行分析。结果表明: 2010-2022年贵州省农业人均生态承载力和人均生态足迹分别处于0.651 0~0.826 0 hm^2 和0.239 0~0.383 0 hm^2 , 总体上表现为生态盈余状态, 其中耕地、林地、水域表现为生态盈余, 草地表现为生态赤字状态。贵州省生态盈余数值总体上呈现出下降趋势, 其农业生态系统的健康状况正在逐渐下降。基于研究结果, 建议政府采取多种措施以保护和恢复农业生态系统, 实现农业的可持续发展。

关键词: 农业可持续发展; 贵州省; 生态足迹; 生态盈余; 生态赤字

中图分类号: F323.22

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2025)01-0084-07

Research on Sustainable Agricultural Development in Guizhou Province Based on Ecological Footprints

LUO Meili, LIANG Long*

(Institute of Rural Revitalization Strategy, Guizhou University of Finance and Economics/School of Management Science and Engineering, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China)

Abstract: The sustainable development of agriculture is an important issue of global concern, and Guizhou Province, as an important province in Southwest China, is of great significance in guaranteeing national food safety, maintaining the ecological environment and promoting local economic development. This study takes Guizhou Province as the research object and analyzes its sustainable agricultural development using the ecological footprint model. The results show that the per capita ecological carrying capacity and per capita ecological footprint of agriculture in Guizhou Province from 2010 to 2022 are in the range of 0.651 0–0.826 0 ha and 0.239 0–0.383 0 ha, respectively, and generally show an ecological surplus status, with arable land, forest land, and watersheds showing ecological surpluses, and grassland showing ecological deficits. The ecological surplus value of Guizhou Province shows a decreasing trend in general, and the health of its agroecosystem is gradually declining. Based on the results of the study, it is suggested that the government needs to take various measures to protect and restore the agroecosystems and realize the sustainable development of agriculture.

Key words: Sustainable agricultural development; Guizhou Province; Ecological footprint; Ecological surplus; Ecological deficit

随着全球环境问题的日益严重, 可持续发展已成为各国政府和科研机构关注的重要议题。农业作为人类生存和发展的基础, 其可持续发展对于保障食品安全、维护生态环境、推动经济社会

发展具有重要意义。生态足迹(ecological footprint, EF)最早是由加拿大生态经济学家 Wackernagel 和 Rees 于 1996 年提出^[1], 已被广泛应用于全球和地区的可持续发展研究。目前, 学者们主要将生态足迹模型应用于生态安全、水资源、土地等可持续发展研究方面^[2-5]。部分学者将生态足迹模型应用于区域可持续发展方面。滕锐等^[6]利用生态足迹模型评价玛曲县资源环境的供需矛盾及可持续状态。董丽等^[7]基于生态足迹模型, 对宁夏生态移民区 2000-2020 年的生态可持续发展能力进行评价。在农业

收稿日期: 2024-06-14

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合基础-ZK[2023]一般032); 新农科研究与改革实践项目(2020145)

作者简介: 罗美丽(2000-), 女, 在读硕士, 主要从事农业可持续发展研究。

通信作者: 梁 龙, 男, 博士, 教授, E-mail: txws0109@126.com

可持续发展研究中,生态足迹模型也得到了广泛应用。例如,张帅等^[8]应用人类发展指数和生态足迹两个指标对2012年人口在1 000万以上的82个国家的可持续发展状态和生态福利绩效进行实证研究。毕明丽等^[9]基于28个国家1990-2014年的面板数据,采用生态足迹对人类可持续发展指数进行改进。杨洁等^[10]利用生态足迹模型评估了山东省农业资源的可持续发展情况。此外,宋知远等^[11]通过生态足迹模型分析了江苏省各地市种植业的可持续性,研究发现江苏省种植业处于生态盈余状态,各地市种植业均处于可持续发展状态。关于贵州省农业可持续发展的研究还相对较少,王源等^[12]基于熵值法对贵州省农业的可持续发展水平进行测度,发现2008-2018年贵州省存在粮食产量不高,土地资源配置效率低、环境发展水平有待提高等问题。刘俊等^[13]采用熵值法、相关分析、聚类分析等方法,分析贵州省及各个地州市农业可持续发展水平,结果发现1997-2016年贵州省九市州农业可持续水平总体保持稳定上升态势。然而,采用生态足迹对以喀斯特地形地貌为主的贵州省农业可持续发展方面的研究还比较欠缺。因此,本研究旨在通过生态足迹模型,对贵州省农业可持续发展情况进行分析,以期为贵州省的农业可持续发展提供理论支持和政策建议。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况与数据来源

贵州省简称黔,地处中国西南内陆地区腹地(东

经103°36'~109°35',北纬24°37'~29°13'),是国家生态文明试验区,内陆开放型经济试验区^[14]。贵州省属于典型的喀斯特地貌,包括高原山地、丘陵和盆地三种基本类型,其中92.5%的面积为山地和丘陵,下辖贵阳、安顺、六盘水、毕节、遵义、铜仁六个地级市,黔东南、黔南、黔西南三个民族自治州。根据2022年度贵州省国土变更调查数据显示,贵州省国土总面积为17.6万km²,拥有耕地、林地、牧草地、水域及水利设施用地分别为3 366万、1 123.52万、19.20万、26.37万hm²。2022全省农林牧渔业总产值4 908.67亿元。其中,种植业、林业、畜牧业、渔业总产值分别为3 313.70亿元、340亿元、941.40亿元、79.60亿元。

研究数据来源于2010-2022年《中国统计年鉴》《贵州统计年鉴》《中国国土资源统计年鉴》《贵州省国民经济和社会发展统计报告》等,个别年份产生偏差时采用官方修正后的数据为准。

1.2 研究方法

贵州省农业生产性土地分为耕地、林地、草地和水域用地,其中农产品主要包括稻谷、小麦、玉米、大豆、薯类等粮经作物,林产品主要包括生漆、油桐籽、油茶籽、核桃、板栗等,畜牧产品包括猪肉、牛肉、羊肉、牛奶、禽蛋,水产品包括鱼类、虾蟹类、贝类。各类农业产品2010-2022年的年产量见表1。

1.2.1 农业生态足迹计算

各类农业生态生产性土地及农业的生态足迹计算公式如下:

$$EF_j=r_j \sum_{i=1}^n A_i/(P_i \times N) \dots\dots\dots (1)$$

表1 2010-2022年贵州省各类农业产品年产量

万t

产品种类	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
稻谷	445.65	303.93	402.43	361.30	427.55	442.71	456.01	448.83	420.73	423.83	425.98	417.35	395.00
小麦	24.83	50.38	52.39	51.51	65.21	65.39	41.82	41.20	33.18	32.98	33.37	33.25	28.86
玉米	415.43	243.71	342.25	298.03	332.73	343.62	456.40	441.18	258.96	232.30	220.34	256.57	299.79
大豆	31.86	22.54	18.31	16.52	12.49	13.36	26.71	19.27	19.72	18.46	22.35	23.14	27.20
薯类	141.43	189.38	235.83	263.36	283.85	299.91	256.51	266.28	291.18	302.87	319.40	303.16	293.95
油料	60.34	79.17	87.38	91.53	112.89	114.80	115.28	115.52	112.62	103.01	103.40	94.88	105.57
甘蔗	42.00	33.20	127.96	159.29	108.79	95.56	71.48	50.31	62.48	62.80	61.27	53.65	41.32
烤烟	37.02	32.71	37.31	41.79	35.30	32.89	27.46	24.45	22.77	21.58	21.14	21.99	21.63
蔬菜及食用菌	1 202.35	1 295.10	1 613.39	1 500.45	1 740.51	1 847.59	2 033.56	2 272.16	2 613.40	2 734.84	2 990.87	3 280.09	3 355.73
水果	123.47	126.37	147.72	167.75	187.34	216.89	235.84	280.14	369.01	441.98	548.11	653.66	698.87
茶叶	5.23	5.59	7.44	8.94	10.71	11.80	14.13	17.65	18.03	19.78	21.1	24.59	26.62
生漆	0.17	0.20	0.17	0.18	0.70	0.86	0.76	0.69	0.74	0.13	0.10	0.11	0.08
油桐籽	6.38	6.81	7.77	7.53	7.31	6.83	6.60	6.59	4.45	1.90	2.06	2.52	2.63
油茶籽	2.04	3.25	3.71	4.14	6.94	7.18	7.40	7.45	8.31	7.08	7.78	8.91	10.29

续表 1

产品种类	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
乌柏籽	0.22	0.21	0.25	0.25	0.27	0.21	0.18	0.12	0.12	0.11	0.11	0.07	0.09
核桃	1.54	1.74	2.37	3.43	5.74	7.48	9.32	10.35	14.24	9.72	8.79	9.50	9.42
板栗	1.93	2.27	2.61	3.16	5.32	5.80	5.40	8.40	8.77	8.10	8.70	8.76	8.71
猪肉	148.09	148.29	156.13	163.73	177.93	174.34	169.59	160.10	164.84	150.32	146.36	166.21	178.85
牛肉	11.99	12.00	13.04	14.13	14.68	16.76	17.85	19.06	19.90	21.51	23.10	23.59	22.80
羊肉	3.38	3.37	3.53	3.51	4.90	5.68	6.29	4.81	5.03	4.98	4.98	4.88	4.96
牛奶	4.59	4.85	5.10	5.45	4.15	4.25	4.29	4.40	4.58	5.29	5.25	4.92	3.73
禽蛋	12.51	13.65	14.65	15.44	19.74	21.65	23.43	18.69	20.03	22.95	26.00	27.97	33.60
水产品	8.79	10.88	13.47	16.7	20.99	24.98	24.65	25.48	23.73	24.36	24.87	26.20	26.84

数据来源: 贵州统计年鉴(2010-2022年) <https://www.guizhou.gov.cn/zwgk/zfsj/tjnj/>。

$EF = \sum EF_j$ (2)

式(1)和式(2)中, $EF_j(\text{hm}^2)$ 、 $EF(\text{hm}^2)$ 分别表示第j类生态生产性土地的人均生态足迹及地区总人口的农业生态足迹; r_j 表示第j类生态生产性土地的等价因子; A_i 为相应的生态生产性土地生产第i项农业产品的年产量(万t); P_i 为第i项农业产品的世界年均

生产力(kg/hm^2), 见表2; N表示地区总人口数(万人)。等价因子是全球该类生态生产性土地的平均生态生产力与全球所有各类生态生产性土地的平均生态生产力的比值, 本研究等价因子采用国际统一标准: 耕地为2.8, 林地为1.1, 草地为0.5, 水域为0.2^[15]。

表2 各类农业产品世界年均生产力

产品种类	世界年均生产力/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	生态生产性土地类型	产品种类	世界年均生产力/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	生态生产性土地类型	
稻谷	42 273	耕地	油桐籽	2 516.23		
小麦	28 152		油茶籽	1 856		
玉米	4 940		乌柏籽	948.1		
大豆	8 154		核桃	32 936		
薯类	97 352		板栗	37 523		
油料	9 605		猪肉	7 540		草地
甘蔗	705 870		牛肉	3 300		
烤烟	16 964		羊肉	3 400		
蔬菜及食用菌	144 013		牛奶	551.55		水域
水果	58 830		禽蛋	536.29		
茶叶	14 525		水产品	71 200		
生漆	1 015.12		林地	油桐籽		

数据来源: 稻谷、小麦、玉米、大豆、薯类、油料、甘蔗、烤烟、蔬菜及食用菌、生漆、油桐籽、油茶籽、乌柏籽、牛奶、禽蛋世界年均生产力数据来源于学者张翠娟^[15]的相关研究; 水果、茶叶、核桃、板栗、猪肉、牛肉、羊肉及水产品世界年均生产力数据来源于学者曹院平^[16]的相关研究。

1.2.2 农业生态承载力计算

各类农业生态生产性土地及农业的生态承载力计算公式为:

$E_j = S_j \times r_j \times Y_j$ (3)

$E = \sum E_j$ (4)

式(3)和式(4)中, $E_j(\text{hm}^2)$ 、 $E(\text{hm}^2)$ 分别表示第j类生态生产性土地的人均生态承载力和农业的人均生态承载力。 S_j 为第j类土地类型的人均生态生产性土地面积(hm^2); Y_j 为第j类土地的产量因子。产

量因子耕地为1.66, 林地为0.91, 草地为0.19, 水域为1.0, 并扣除12%的生物多样性保护用地^[17]。

1.2.3 农业生态盈余/赤字计算

$ER_j = EF_j - E_j$ (5)

$ER = E - EF$ (6)

式(5)和式(6)中, ER_j 、 ER 分别表示第j类生态生产性土地类型和农业的生态盈余/生态赤字, 当生态承载力与生态足迹的差值大于0时为生态盈余, 反之; 两者差值小于0时为生态赤字。

2 结果与分析

2.1 耕地可持续发展评价

人均生态足迹和人均生态承载力计算结果见图1。2010-2022年,贵州省人均生态足迹介于0.140 0~0.230 0 hm²,而人均生态承载力处于0.360 0~0.540 0 hm²,人均生态足迹小于人均生态承载力,截至2022年,贵州省耕地呈现为生态盈余状态,表明贵州省在当前和未来耕地资源利用具有可持续性。从过去12年的数据变动来看,人均生态足迹呈现波动上升趋势,由2010年的0.160 0 hm²上升到2022年的0.230 0 hm²。2010年贵州省总人口为3 478.9万人,耕地面积约为456万hm²,人均耕地面积0.131 1 hm²,截至2022年,人口数增长为3 856万人,耕地面积约为337万hm²,人均耕地面积下降为

0.087 4 hm²,虽然这一期间,贵州省实施了严格的耕地保护政策,从严控制非农建设占用耕地,推进新增耕地3.76万hm²,但总体而言耕地面积呈现出下降趋势,同时,人口总数增加,对于耕地的需求呈现上升趋势,导致人均生态足迹的增加。2018年人均生态承载力出现明显拐点,由0.530 0 hm²降到0.370 0 hm²,这主要是2018年贵州省开始推行振兴乡村的产业革命,大量耕地用于种植经济作物,耕地由498.55万hm²减少为347.26万hm²,而林地面积从746.980 0万hm²增加到1 121.01万hm²。另外,由于耕地面积大幅度下降,从总体趋势上看,2010-2022年,贵州省耕地的人均生态承载力表现为下降趋势,人均生态承载力由2010年的0.540 0 hm²下降到2022年的0.360 0 hm²,其下降比率为33.3%。

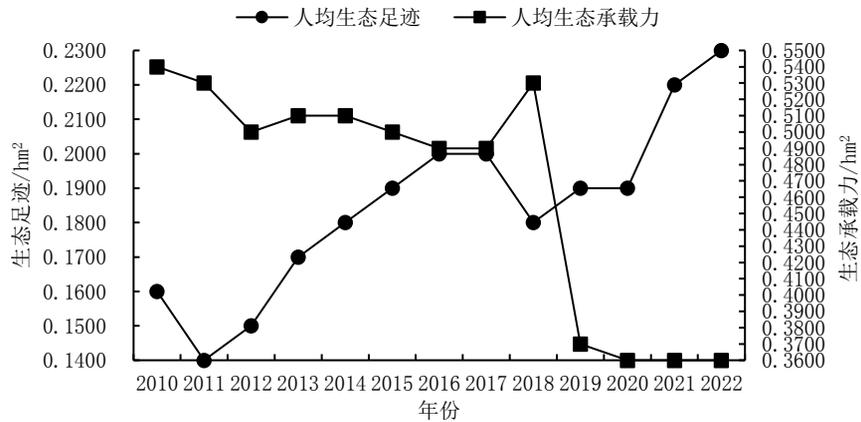


图1 2010-2022年贵州省人均耕地生态足迹与生态承载力

2.2 林地可持续发展评价

根据图2可知,2010-2022年,贵州省林地人均生态足迹介于0.013 0~0.024 0 hm²,而人均生态承载力处于2×10⁻¹~0.290 0 hm²,人均生态足迹小于人均生态承载力,总体上,截至2022年,贵州省林地发展属于生态盈余状态。2010年人均林地生态足迹呈

现上升趋势,2010年为0.013 0 hm²,由于林产品消费量的增加,2013年人均生态足迹出现明显上升,并于2014年达到峰值0.024 0 hm²。2018-2019年呈现明显下降趋势,这是由于2018年开始的产业革命导致这一期间贵州省林地面积的激增。人均生态承载力2010-2018年呈现出波动下降趋势,2018-2019年

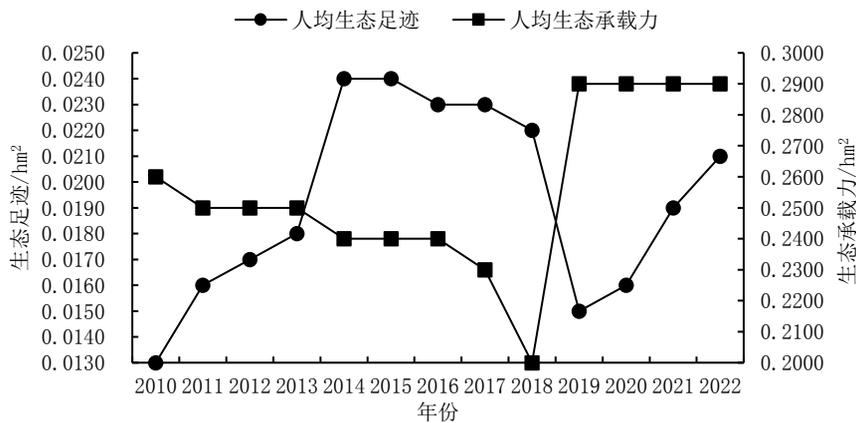


图2 2010-2022年贵州省人均林地生态足迹与生态承载力

由于林地面积增加而快速上升,于2019年达到峰值0.290 0 hm²后由于林地面积保持稳定,故而数据基本稳定。

2.3 草地可持续发展评价

从图3可知,2010–2022年,贵州省草地人均生态承载力处于 2×10^{-4} ~0.002 3 hm²,而人均生态足迹处于0.080 4~0.131 6 hm²,人均生态足迹远大于生态承载力,因此,截至2022年,贵州省草地发展表现为生态赤字,属于不可持续发展状态。人均草地生态承载力在2017年出现大幅度上升,从 2×10^{-4} hm²上升到2018年的0.002 3 hm²,而2019年又下降到 5×10^{-4} hm²,这是因为2017–2018年贵州省进行了草地

修复,人均草地占用面积从0.001 9 hm²/人增加到2018年的0.024 5 hm²/人,而2019年人均占用面积又减少到0.004 7 hm²/人。而人均生态足迹由2010年的0.080 4 hm²上升到2022年的0.131 6 hm²,总体上呈现出上升趋势,上升比率达到63.7%,主要原因是在过去10年,尤其是产业革命中大力推行生态养殖即利用草地发展牛羊养殖,在过去10年中,贵州省牛肉消费总量从11.99万t上升到22.80万t。另外,草地的产量因子仅为0.19,为耕地、林地、水域的11.40%、20.99%和1.90%,生产力低下,因此,贵州草地的人均生态足迹增长量远远超过草地承载力。

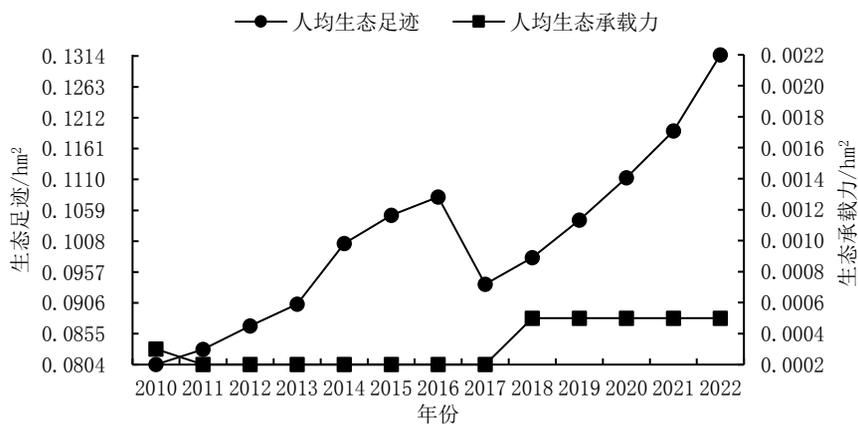


图3 2010–2022年贵州省人均草地生态足迹与生态承载力

2.4 水域可持续发展评价

由图4可知,2010–2022年贵州省水域人均生态承载力处于0.001 0~0.026 0 m²,而人均生态足迹介于 7×10^{-5} ~ 2×10^{-4} hm²,人均水域生态足迹小于生态承载力,因此,贵州省水域发展属于生态盈余状态。人均生态足迹总体处于上升趋势,从2010年的 7×10^{-5} hm²上升到2022年的 2×10^{-4} hm²,这主要是因为水产品的总量和人均消费量的持续上升,水产品总量从2010年的8.79万t上升到2022年的26.84万t,增长

了205.3%,同期人均消费量从2.52 kg上升到6.96 kg,增长了176.2%。与此同时,2010–2022年,贵州省水域人均生态承载力均表现为下降趋势,2016年出现明显下降,从2016年的0.021 0 hm²下降到2018年的0.016 0 hm²,这一方面是因为人口增长,另一方面,为了保护绿水青山,贵州叫停了大量利用水域开展的网箱养殖,利用总量相对不变的水域承载水产品消费量增长。另外,2016–2018年期间贵州省大力发展水电工程、航运等,导致用于渔业生产的水域

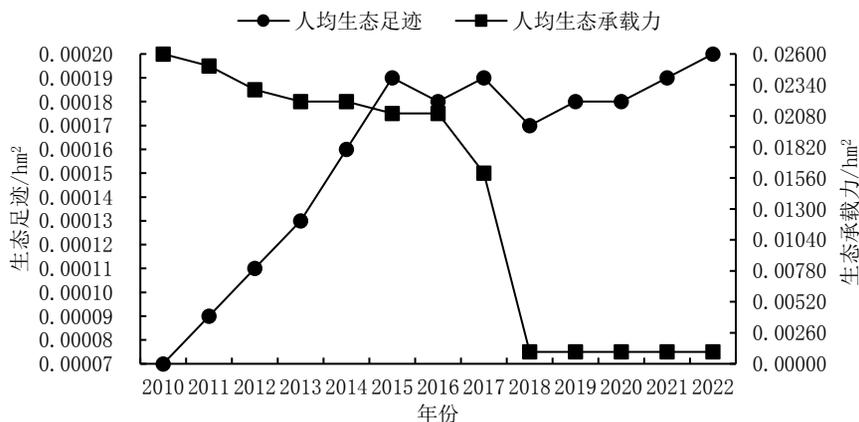


图4 2010–2022年贵州省人均水域生态足迹与生态承载力

总面积及人均水域面积相对下降。

2.5 农业可持续发展评价

根据公式(2)(4)(6)计算结果见图5、图6。由图5可知,2010-2022年贵州农业人均生态承载力介于0.651 0~0.826 0 hm²,而人均生态足迹处于0.239 0~0.383 0 hm²,农业人均生态足迹小于农业人均生态承载力,因此2010年至2022年间,贵州省农业发展表现为生态盈余状态。根据图6可以看出贵

州省生态盈余在逐渐下降,从2010年的0.553 0 hm²下降到2022年的0.268 0 hm²。这可能是由于农业扩张、工业化进程加速和城乡建设用地增加等多方面因素综合作用的结果。尽管当前尚处于生态盈余状态,但该趋势如果持续,可能导致生态足迹增长超过生态承载力增长,最终转变为生态赤字,这一转变将对贵州省农业的可持续性构成严重威胁,政府需要引起重视。

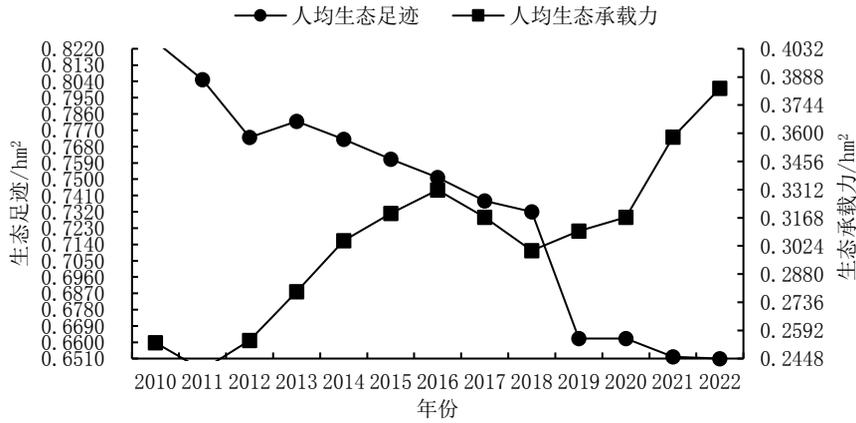


图5 2010-2022年贵州省农业人均生态足迹及生态承载力

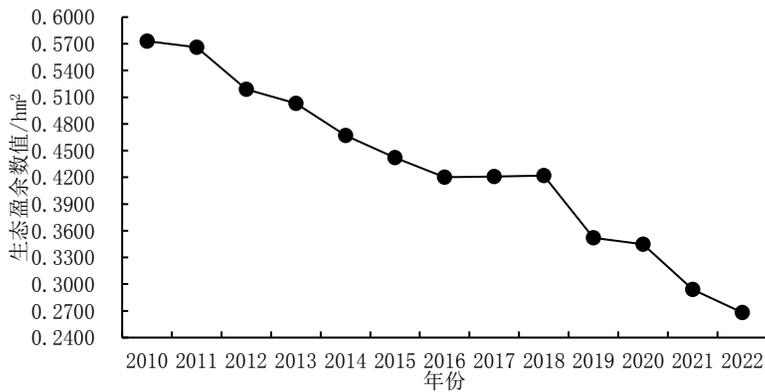


图6 2010-2022年贵州省生态盈余情况

3 讨论

生态足迹模型是生态经济学中测量人类社会资源消耗的经典方法^[18],其作为一种评估人类活动对地球生态系统影响的工具,可以帮助理解农业活动对生态环境的影响,从而为农业可持续发展提供决策依据。近年来,生态足迹模型作为一种判别可持续发展程度的重要方法在国际上被广泛应用^[19]。顿静丹等^[18]基于“省公顷”生态足迹方法,运用贵州省2009-2018年数据评价了贵州省农业可持续发展水平,研究发现,2009-2018年贵州林地人均生态足迹呈小幅波动上升趋势,一直处于生态盈余状态,这与

本研究得出的结论一致。周子琴等^[20]基于生态足迹模型,计算了贵州省2007-2016年水资源生态足迹及水资源生态承载力,结果表明,水资源存在1.779~3.827 hm²/人的生态盈余,可持续开发利用潜力较大,在本研究中,水资源亦处于生态盈余状态,与前人研究结论相差不大。本研究生态足迹评估结果表明,2010-2022年贵州农业人均生态承载力介于0.651 0~0.826 0 hm²,这表明贵州省在农业资源的可持续利用方面具有一定的稳定性和潜力。同时,人均生态足迹从0.239 0 hm²增长到0.383 0 hm²,虽然显示出增长趋势,但整体上仍然远低于人均生态承载力。然而,值得关注的是生态盈余从2010年

的0.553 0 hm²下降到2022年的0.268 0 hm²,显示出生态盈余的减少。这可能意味着资源利用效率的降低或资源消耗的增加,或是两者的共同作用。生态盈余的减少可能对贵州省的可持续发展构成挑战,因为它可能导致资源过度开采,生态系统服务的下降,以及生物多样性的损失。因此,对于贵州省而言,虽然目前仍处于生态盈余状态,但是生态盈余的持续减少需要引起政策制定者和社会各界的关注。

本研究通过生态足迹的分析,为评估贵州省农业生态效率提供了科学依据,亦为其他类似地区提供了可参考的研究框架。不过,研究依然存在局限性,例如生态足迹的计算方法对数据的要求较高,而可获得的数据往往存在时效性和精确性的局限。未来的研究可以探讨更多维度的生态足迹计算方法,以及在农业生产中应用可再生能源和生物技术来减少生态足迹,为实现农业可持续发展路径提供更为全面的解决方案。

4 结论与建议

本研究将生态足迹模型应用于农业可持续发展研究,以2010–2022年贵州省农业统计数据为基础,分别对其耕地、林地、草地、水域及农业可持续发展能力进行分析,得到以下结论:2010–2022年贵州农业生产性用地生态承载力大于生态足迹,处于生态盈余状态,表明贵州省的农业生态系统在这一期间内总体上是健康的,能够为人类提供持续的生态服务。其中耕地、林地及水域均表现为生态盈余,草地表现为生态赤字,可持续发展能力较差。2010–2022年间生态盈余数值呈现出降低的趋势,表明贵州省农业生态系统的健康状况正在逐渐下降,政府给予关注并采取相应措施十分必要。

总的来说,贵州省需要采取综合措施,保护和恢复农业生态系统,以实现农业的可持续发展。具体可以从以下4个方面入手:(1)实行最严格的耕地保护制度,继续坚持占补平衡,同时提高耕地生产力。(2)在大食物观背景下,在保护林地面积的同时,充分利用林地高中低立体空间,宜林宜地分类布局林草产业,提高生产效率,满足人们对食物的多元需求。(3)加快石漠化综合治理,通过草地恢复和管理等,改善草地生态,保持和增加森林、草地等生态系统的服务功能,在发展生态养殖的同时适度推行集约化养殖,在保护草地的同时满足人们对肉食增长的需求。(4)加强水域资源保护,实行适度禁捞禁捕的同时,根据水域承载能力,适度发展高密度养殖,在进行高标准农田建设的同时对耕地进行适度改

造,加高田坎、开挖鱼沟和鱼沟,积极推广稻渔综合种养,扩大鱼虾蟹等水产养殖,进而满足人们对动物蛋白的增长需求。

参考文献:

- [1] 赵桂慎.生态经济学[M].北京:化学工业出版社,2021:1–6.
- [2] 普拉提·莫合塔尔,杨玲,张俸榕.“舌尖上的新疆”——基于生态足迹模型的旅游饮食特征及生态安全评价[J].干旱区资源与环境,2023,37(8):76–88.
- [3] 李逢港,刘伟,董战峰,等.四川省水资源生态足迹及可持续利用综合评价[J].环境污染与防治,2023,45(2):245–249,256.
- [4] 李晓格,张颖,单永娟.基于能值生态足迹模型的榆林市水资源可持续利用研究[J].干旱区研究,2022,39(4):1066–1075.
- [5] 宋艳华,王令超,王自威,等.基于开放式生态足迹模型的土地生态承载力研究——以黄河河南段地区为例[J].江苏农业科学,2021,49(22):210–218.
- [6] 滕锐,李广,罗永忠,等.基于生态足迹的玛曲县近10年可持续发展研究[J].草业学报,2020,29(9):20–27.
- [7] 董丽,王满旺,东梅.基于生态足迹法的宁夏生态移民区可持续发展能力研究[J].干旱区地理,2023,46(6):1004–1012.
- [8] 张帅,史清华.应用人类发展指数和生态足迹的可持续发展研究——基于强可持续的研究范式[J].上海交通大学学报(哲学社会科学版),2017,25(3):99–108.
- [9] 毕明丽,谢高地,姚翠友.人类可持续发展指数的改进及国际比较[J].自然资源学报,2020,35(5):1017–1029.
- [10] 杨洁,李忠德,杨萍,等.基于生态足迹模型的山东省农业资源可持续发展分析[J].中国农业资源与区划,2016,37(11):56–64.
- [11] 宋知远,朱利群.基于作物生态足迹的江苏省市域种植业可持续发展研究[J].安徽农业科学,2016,44(16):227–230.
- [12] 王源,赵雅男,黄莹.基于熵值法的贵州省农业可持续发展水平评价研究[J].国土与自然资源研究,2022(1):52–54.
- [13] 刘俊.贵州省农业可持续发展评价及其影响因素分析[J].湖南农业科学,2020(3):96–102.
- [14] 魏媛,简小玉.基于碳达峰碳中和的贵州省土地利用碳排放演变及预测研究[J].生态经济,2022,38(4):108–114.
- [15] 张翠娟.基于生态足迹模型的河南省农业生态承载力动态评价[J].中国农业资源与区划,2020,41(2):246–251.
- [16] 曹院平.基于生态足迹模型的广西农业可持续发展评价[J].中国农业资源与区划,2020,41(5):35–42.
- [17] Wackernagel M, Rees W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island: New society publishers, 1998: 9–11.
- [18] 顿静丹,黄海燕.贵州省农业可持续发展评价研究[J].现代农业,2022(3):22–27.
- [19] 姚林杰,张佳宁,张恒瑞,等.基于生态足迹的内蒙古自然资源可持续利用分析[J].生态环境学报,2023,32(8):1525–1536.
- [20] 周子琴,苏维词,郑群威.2007–2016年贵州省水资源生态足迹的演化特征[J].水土保持通报,2019,39(2):227–233,325.

(责任编辑:王 昱)