

# 长江经济带粮食生产生态系统服务价值时空演变

刘勇雄, 余光辉\*

湖南科技大学地球科学与空间信息工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2026年4月16日; 录用日期: 2026年5月18日; 发布日期: 2026年5月28日

## 摘要

[目的]: 本文以长江经济带为研究区, 基于2003~2023年多期截面数据, 分析长江经济带粮食生产生态系统服务价值的时间和空间变化规律, 为长江经济带农业绿色发展点明方向, 同时为其他地区生态系统的发展提供借鉴参考。[结果]: (1) 从时间上看, 2003~2023年, 长江经济带粮食生产生态系统总服务价值呈现“先增后减”的趋势, 20年间从8545.84亿元增至11853.49亿元, 增长3307.65亿元, 年均增长165.38亿元。长江经济带水稻、小麦和玉米年均服务总价值分别为6680.58亿元、1905.77亿元、1907.28亿元。(2) 从空间上看, 2003~2023年间, 长江经济带粮食生产生态系统总服务价值整体呈现“中游 > 下游 > 上游”的特征。其中安徽、江苏、湖南、四川、湖北的总价值位于长江经济带前列, 年均价值分别为2097.70、1692.73、1481.59、1448.97、1255.06亿元。贵州、重庆、浙江、上海的总价值位于末尾, 年均价值分别为438.99、423.08、324.70、53.82亿元。[结论]: 长江经济带要在加快农业基础设施建设, 改善生态环境的同时, 推进农业绿色生产, 推进农村经济的全面发展。

## 关键词

生态系统服务价值, 粮食生产, 时空变化, 长江经济带

## Temporal and Spatial Variation Characteristics of Grain Ecosystem Service Value in the Yangtze River Economic Belt

Yongxiong Liu, Guanghui Yu\*

School of Earth Sciences and Spatial Information Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: April 16, 2026; accepted: May 18, 2026; published: May 28, 2026

\*通讯作者。

## Abstract

**[Purpose]:** Based on the multi-period cross-section data from 2003 to 2023, this paper takes the Yangtze River Economic Belt as the research area to analyze the temporal and spatial changes of the service value of grain ecosystem in the Yangtze River Economic Belt, so as to point out the direction of agricultural green development in the Yangtze River Economic Belt and provide reference for the development of ecosystems in other regions. **[Results]:** (1) In terms of time, from 2003 to 2023, the total ecosystem service value of grain production in the Yangtze River Economic Belt showed a trend of first increase and then decrease. During the 20 years, the total ecosystem service value of grain production in the Yangtze River Economic Belt increased from 854.584 billion yuan to 1185.349 billion yuan, an increase of 330.765 billion yuan, with an average annual increase of 16.538 billion yuan. The total annual service value of rice, wheat and corn in the Yangtze River Economic Belt is 668.058 billion yuan, 190.577 billion yuan and 190.728 billion yuan respectively. (2) From the perspective of space, from 2003 to 2023, the total ecosystem service value of grain production in the Yangtze River Economic Belt showed the characteristics of “middle reaches > upstream > downstream”. The total value of Anhui, Jiangsu, Hunan, Sichuan and Hubei is at the forefront of the Yangtze River Economic Belt, with an average annual value of 209.770, 169.273, 148.159, 144.897 and 125.506 billion yuan, respectively. The total value of Guizhou, Chongqing, Zhejiang and Shanghai is at the end, with an average annual value of 43.899, 42.308, 32.470 and 5.382 billion yuan respectively. **[Conclusion]:** The Yangtze River Economic Belt should accelerate the construction of agricultural infrastructure and improve the ecological environment, at the same time, promote agricultural green production, and promote the comprehensive development of rural economy.

## Keywords

Ecosystem Service Value, Food Production, Spatial and Temporal Changes, Yangtze River Economic Belt

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来, 随着社会对可持续农业和食品的关注度越来越高, 农业生产事关粮食安全。在探讨食品安全的广阔图景中, 粮食安全无疑占据了重要地位。然而, 目前关于粮食生产与生态系统服务的研究, 大多聚焦于水稻及农田的生态服务价值, 对更广泛区域和粮食生产生态系统服务的研究相对较少。在未来的研究中, 需要更加全面、深入地探讨粮食生产与生态系统服务价值的关联, 特别是在粮食生产这一重要领域。

生态系统服务价值评价方法多种多样, 但得出的数据千差万别, 需要满足一定的条件才能估算, 不免有一定的误差, 影响评价的准确性。从生态系统服务功能来看, 粮食生产生态功能是其中的一部分。生态系统服务是自然环境为人类提供的各种好处, 它包括生态系统产品和服务。因此, 粮食生产生态系统服务是人类直接或间接从粮田生态系统中获得的好处。最早进行生态系统服务价值研究和评估的 Costanza 等[1]学者, 将全球生态系统服务功能划分为土壤形成、营养循环、干扰调节、废物处理、生物控制、授粉、基因资源、栖息地、娱乐、文化等 17 种类型, 并按照货币形式估算了 16 个生物群落的生态系统服务的经济价值。随着理论与实践的发展, 联合国千年生态系统评估项目将生态系统服务内容增

至 22 类[2]。欧阳志云[3]等把生态系统服务功能归纳为 4 个类别：直接利用价值、间接利用价值、选择价值、存在价值。谢高地等[4]以此为基础构建了基于单位面积价值当量因子法，符合中国国情当量价值，从粮食和原材料供给、景观愉悦、气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废弃物处理和生物多样性保持等方面评估了中国陆地生态系统服务价值的动态评估方法。粮食生产的生态价值主要是农田生态系统提供的调节和支持，与农业多功能性中的生态功能价值含义基本相同。随着生态价值研究的深入，学界对生态服务价值评估和外部性价值评估的关注日益增加。目前，生态系统服务价值的评估主要集中于森林[5]、湿地[6]、草地[7]、流域[8]、农田[9]等生态系统，针对农作物的生态系统服务价值的度量不足，主要集中于粮食生产功能。

本研究以长江经济带上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州和云南共 11 个省(市)为研究区域，对粮食生产(水稻、小麦和玉米)生态系统服务价值进行核算，旨在通过粮食生产生态系统服务价值为农业生产者提供合理的生态价值补偿提供一定依据，有效激发其采用绿色生产的积极性，从而促进农作物生产向绿色低碳方向转型，推动中国农业的可持续发展。本研究为粮食生产生态服务价值核算体系的完善，对区域生态补偿政策的制定，提供理论依据与参考。

## 2. 研究方法

### 2.1. 研究区概况

长江经济带覆盖下游(上海、江苏、浙江、安徽)、中游(江西、湖北、湖南)、上游(重庆、四川、贵州、云南)共 11 个省级行政区，总面积约为 205 万 km<sup>2</sup>，占全国的 21.4%，乡村人口和经济，超过全国的 40%。长江经济带季风气候带，气候温暖，日照充足，雨量丰沛，年均温度约 17.7℃，年均降雨量约为 1000 mm，无霜期长，适宜农业生产和人类居住。作为国家战略发展的关键区域，长江经济带在自然条件与社会经济基础方面均具有典型性和代表性，是研究粮食生产与生态环境的关键区域。

### 2.2. 数据来源

各地区粮食播种面积、产量等基础数据来源于 2004、2009、2014、2019、2024 年的《中国统计年鉴》；水稻、小麦、玉米价格自于 2024 年的《全国农产品成本收益资料汇编》；增温潜势数据采用 IPCC 第六次评估报告。评估方法中的系数、参数来源于相关文献。此外，为了消除通货膨胀等因素的影响，该研究中关于价格的计算全部以 2023 年的标准价格为基准。

### 2.3. 指标体系构建

为了全面准确核算常长江经济带粮食生产生态系统服务价值，参考前人研究[10]将其划分为供给服务、调节服务、支持服务、环境污染 4 项一级服务功能，共 11 项二级服务功能，见表 1。

**Table 1.** Index system of grain ecosystem service value in Yangtze River Economic Belt  
**表 1.** 长江经济带粮食生态系统服务价值指标体系

服务功能	功能指标类型	评价方法	价值方向
供给服务	农产品生产	市场价值法	正向
	原材料生产	市场价值法	正向
调节服务	气体调节	替代成本法	正向
	大气净化	替代工程法	正向
	气候调节	成果参照法	正向
	水源涵养	替代工程法	正向

续表

支持服务	土壤保持	市场价值法	正向
	养分保持	市场价值法	正向
	养分循环	影子价值法	正向
	生物多样性	影子价格法	正向
环境污染	温室气体排放	碳税法	负向

## 2.4. 粮食生产的生态系统服务价值核算方法

### 2.4.1. 供给服务价值核算

#### (1) 农产品生产价值

农业生产农产品供给服务通过生态系统的产品提供了人类生存和发展的物质产品, 本文中通过市场价值法定量核算。计算公式为:

$$V_1 = \sum_{i=1}^n Q_i \times P_i \quad (1)$$

式中,  $V_1$  为农产品生产价值, 元/a;  $Q_i$  为第  $i$  种农产品的年产量, t;  $P_i$  为第  $i$  种农产品的市场价格, 参考《2024 年全国农产品成本收益汇编》中稻谷、小麦、玉米分别取值 2874.6、2534.2、2598.4 元/t;  $n$  为农产品种类的数量。

#### (2) 原材料生产价值

粮食生产生态系统在生产人们所需农产品的过程中, 也会生产用于工农业生产的原材料, 这些原材料具有一定的生产价值, 所以可以使用市场价值法评估其价值。计算公式为:

$$V_2 = Q_i \times \eta_i \times \lambda_i \times P_j \quad (2)$$

式中,  $V_2$  为原材料生产价值, 元/a;  $\eta_i$  为第  $i$  类农作物秸秆的收集系数, 本文选取稻谷、小麦和玉米 3 类农作物的收集系数分别为 0.78、0.76、0.95 [11];  $\lambda_i$  第  $i$  类农作物秸秆的草谷比, 稻谷、小麦、玉米草谷比数据来源于《大气污染物与温室气体融合排放清单编制技术指南(试行)》分别取值 1.323、1.718、1.269;  $P_j$  为秸秆价格, 为 180 元/t [11]。

### 2.4.2. 调节服务价值核算

#### (1) 气体调节价值

农田生态系统中农作物通过光合作用吸收二氧化碳并释放氧气, 调节大气中气体含量, 维持大气中各气体组成平衡所产生的价值。计算公式为

$$NPP = \frac{Q_i}{f_i} (1 - w_i) \quad (3)$$

$$V_3 = NPP \times 1.63 \times 27.27\% \times C_c + NPP \times 1.19 \times C_o \quad (4)$$

式中,  $V_3$  为气体调节价值, 元/a;  $NPP$  为农作物的净初级生产力, t;  $w_i$  为第  $i$  类农作物的含水率, 水稻、小麦、玉米分别取值 14%、13%、13% [12];  $f_i$  为第  $i$  类农作物的经济系数, 分别取值 0.47、0.35、0.35 [12];  $C_c$  为固定  $CO_2$  的成本, 取值 260.9 元/t [12];  $C_o$  为生产  $O_2$  的成本, 取值 376.47 元/t [12]。

#### (2) 大气净化价值

农田生态系统中农作物通过枝叶吸收  $SO_2$ 、 $NO_x$ 、HF 等有毒气体和粉尘, 降低大气中污染物的浓度, 调节大气价值的价值。计算公式如下:

$$V_4 = \sum_{i=1}^n E_i \times C_i \times S \quad (5)$$

式中,  $V_4$  为大气净化价值, 元/a;  $E_i$  为单位面积农田吸收  $i$  类污染物的量,  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、HF、粉尘分别取值 45、33.31、0.33、1,500  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  [12];  $C_i$  为  $i$  类污染物的治理费用,  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、HF、粉尘分别取值 0.6、0.6、0.9、0.17 元/kg [12];  $S$  为农作物种植面积,  $\text{hm}^2$ 。

### (3) 气候调节价值

农田生态系统中植物通过蒸腾作用以及水面的蒸发吸收热量, 降低温度, 提高湿度所产生的价值。计算公式如下:

$$V_5 = S \times H \times f \times P_h \quad (6)$$

式中,  $V_5$  为气候调节价值, 元/a;  $H$  为单位面积农田吸收的热量, 取值 81100  $\text{kJ}/\text{hm}^2$  [13];  $f$  为常数, 取值 1 kWh;  $P_h$  为电价, 取值 0.5 元/kWh。

### (4) 水源涵养价值

农田生态系统中作物层、枯枝落叶和根系拦截降水并蓄水, 涵养土壤水分, 调节地表径流, 补充地下水所具有的价值。计算公式如下:

$$V_6 = q_p \times A \times E \times S \times P_w \quad (7)$$

式中,  $V_6$  为水源涵养价值, 元/a;  $q_p$  为年降水量;  $A$  为多年平均产流占降水总量比例为 0.40 [14];  $E$  为产流降水条件下农田与裸地降水径流率之差, 为 0.20 [14];  $P_w$  为库容造价, 为 6.1107 元/ $\text{m}^3$  [14]。

## 2.4.3. 支持服务价值核算

### (1) 土壤保持价值

粮食生产生态系统中的作物通过削减降水对土壤的侵蚀能力, 减少土壤流失和废弃耕地的价值。计算公式如下:

$$Q_s = S \times (E_p - E_r) \quad (8)$$

$$V_7 = Q_s \times P_e / (\rho \times l \times 10,000) \quad (9)$$

式中,  $V_7$  为土壤保持价值(元);  $E_p$  为裸地土壤侵蚀模数, 取值 4.3052  $\text{t}/\text{hm}^2$  [15];  $E_r$  为农田土壤侵蚀模数, 取值 1.9838  $\text{t}/\text{hm}^2$  [15]; 本文以土壤保持的平均值来评估  $E_p - E_r$  的数值。  $P_e$  为单位面积土地平均收益, 元/ $\text{hm}^2$ ;  $\rho$  为土壤容重, 取值 1.35  $\text{g}/\text{cm}^3$  [16];  $l$  为耕作厚度, 取值 0.5 m [11]。

### (2) 养分保持价值

农田生态系统中农作物减少土壤侵蚀, 保持土壤养分所具有的价值。计算公式如下:

$$V_8 = \sum_{i=1}^n Y_i \times D_i \times S \times (E_p - E_r) \quad (10)$$

式中,  $V_8$  为养分保持价值, 元/a  $Y_i$  为土壤中第  $i$  类养分含量, 土壤全氮、全磷、全钾分别取值 0.11%、0.06%、1.82% [16];  $D_i$  为土壤中第  $i$  类养分的市场价格, N、P、K 分别取值 1.714286 万元/t、1.598934 万元/t、4400 元/t [17]。

### (3) 养分循环价值

粮食生产有助于保持土壤肥力和防止侵蚀, 因为它支持土壤中养分的自然循环。计算公式为:

$$V_9 = Q_i \times S_{ni,pi,ki} \times D_i \quad (11)$$

式中;  $V_9$  表示养分循环的价值, 元/a;  $Q_i$  为第  $i$  类农作物的产量(t);  $S_{ni,pi,ki}$  分别为第  $i$  类农作物体内 N、

P、K 的含量稻谷、小麦、玉米体内 N 含量分别取值 2.4%、3%、2.6% [11], P 含量分别取值 0.55%、0.55%、0.39% [11], K 含量分别为 2.57%、2.07%、1.74% [11]。

#### (4) 生物多样性价值

农田生态系统为动植物和微生物提供良好的环境, 保持农田生态系统平衡产生的价值。计算公式为:

$$V_{10} = S \times \varepsilon \quad (12)$$

式中,  $V_{10}$  为生物多样性价值, 元/a,  $\varepsilon$  为单位面积农田的生物多样性维持价值, 为 628.20 元/hm<sup>2</sup> [18]。

### 2.4.4. 环境污染价值

#### (1) 温室气体排放价值

粮食生产生态系统中农作物在生产过程中排放 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等温室气体, 使温室效应加剧所产生的价值。计算公式为:

$$V_{11} = \sum_{i=1}^n A_i \times P_c \times (Q_{iC} \times GWP_C + Q_{iCH} \times GWP_{CH} + Q_{iN} \times GWP_N) \quad (13)$$

式中,  $V_{11}$  为温室气体排放价值, 元/a;  $A_i$  为第  $i$  类农作物的播种面积, hm<sup>2</sup>, 选取水稻、小麦、玉米 3 类农作物;  $P_c$  为固定 CO<sub>2</sub> 的成本, 取值 260.9 元/t [12];  $Q_{iC}$ 、 $Q_{iCH}$ 、 $Q_{iN}$  分别作为第  $i$  类农作物排放 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 的量, 3 类农作物排放 CO<sub>2</sub> 的量分别取值 7.9、9.7、5.6 t/hm<sup>2</sup> [12], 排放 CH<sub>4</sub> 的量分别取值 0.17、0、0 t/hm<sup>2</sup> [12], 排放 N<sub>2</sub>O 的量分别取值 0.00043、0.00532、0.00146 t/hm<sup>2</sup> [12];  $GWP_C$ 、 $GWP_{CH}$ 、 $GWP_N$  分别为 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 的 GWP 指数, 分别取值 1、27、273。

### 2.4.5. 粮食生态系统服务价值

#### (1) 正向服务价值( $V_Z$ )

正向服务价值( $V_Z$ )指农田生态系统提供的供给服务、调节服务、支持服务的总和, 本研究中的粮食生态系统正向服务价值为 10 种正向服务价值的总和。

#### (2) 负向服务价值( $V_F$ )

负向服务价值( $V_F$ )指农田生态系统造成的环境污染价值的总和, 本研究中的粮食生态系统负向服务价值为 1 种负向服务价值的总和。

#### (3) 总服务价值

总服务价值指农田生态系统所能提供的净服务价值, 本研究中的粮食生态系统总服务价值为正向服务价值与负向服务价值的差值, 计算公式为:

$$V_T = V_Z - V_F \quad (14)$$

式中:  $V_T$  为总服务价值, 元/a。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 长江经济带粮食生态系统服务价值时间变化分析

长江经济带各项粮食生产的生态系统服务价值见表 2。2003~2023 年, 长江经济带粮食生产的生态系统总服务价值呈现“先增后减”的趋势, 20 年间从 8545.84 亿元增至 11853.49 亿元, 增长了 3307.65 亿元, 年均增长 165.38 亿元; 其中 2018 年到 2023 年总服务价值降低 84.54 亿元, 主要是由于降水量和粮食生产面积的减少。说明长江经济带粮食生产总价值稳步提升, 且整体呈逐步增长的良好态势。长江经济带粮食生产正向与负向价值的比例 20 年内逐步提升, 从 11.01 升高到 13.40, 说明正向生态价值的增速要高于负向价值, 特别是 2003~2008 年该比值由 11.01 提升到 12.11, 说明长江经济带在深度提升粮食

生产生态系统正向价值的同时严控环境污染取得良好效益。

**Table 2.** The ecosystem service value of grain production in the Yangtze River Economic Belt (billion yuan)  
**表 2.** 长江经济带粮食生产的生态系统服务价值(亿元)

类型	2003	2008	2013	2018	2023	年均价值
农产品生产	4272.99	5210.76	5531.59	5956.15	6034.15	5401.13
原材料生产	302.54	372.26	398.03	430.91	439.37	388.62
气体调节	1745.47	2150.78	2307.55	2507.59	2563.72	2255.02
大气净化	89.56	97.91	101.92	104.71	103.44	99.51
气候调节	3.34	3.65	3.80	3.90	3.85	3.71
涵养水源	1738.00	1959.60	1803.27	2215.52	1952.76	1933.83
土壤保持	36.36	44.34	46.95	50.31	50.83	45.76
养分保持	74.64	81.60	84.95	87.27	86.21	82.93
养分循环	950.64	1,166.78	1,242.06	1,338.50	1,359.88	1,211.57
生物多样性	186.12	203.47	211.81	217.60	214.97	206.79
温室气体排放	853.82	932.57	963.26	974.43	955.70	935.96
总服务价值	8545.84	10358.57	10768.67	11938.03	11853.49	10692.92

长江经济带粮食生产生态系统正向服务价值较大, 其变化过程同总服务价值基本一致。长江经济带粮食生产的供给服务价值呈现逐步递增趋势, 20年间从 4575.53 亿元增至 6473.52 亿元, 增长 1897.98 亿元, 年均增长 94.90 亿元。从分项服务价值来看, 农产品生产为核心正向服务价值, 2003~2023 年由 4272.99 亿元持续增至 6034.15 亿元, 年均价值为 5401.13 亿元, 占到正向服务价值的 46.45%, 是粮食生产生态服务系统最主要的功能支撑。长江经济带粮食生产的支持服务价值呈现逐步递增趋势, 20年间从 1247.76 亿元增至 6473.52 亿元, 增长 464.14 亿元, 年均增长 23.21 亿元。从分项服务价值来看, 养分循环为核心正向服务价值, 2003~2023 年由 950.64 亿元持续增至 1359.88 亿元, 年均价值为 1211.57 亿元, 占到正向服务价值的 10.42%。以土壤侵蚀模数和种植面积计算土壤保持量, 进而得到土壤保持和养分保持价值, 土壤保持价值同养分循环变化趋势一致, 养分保持同粮食种植面积变化趋势一致。生物多样性价值以粮食种植面积为基础依靠当量因子法计算, 粮食生产的生物多样性价值较小, 年均价值仅占 1.78%。长江经济带粮食生产的调节服务价值中气体调节价值呈现递增趋势, 由 1745.47 亿元增长到 2563.72 亿元, 增长 818.25 亿元, 增幅 46.88%, 主要是由于粮食作物产量总体呈现增长趋势。大气净化和气候调节是以耕地面积计算而来, 其变化趋势同粮食生产面积变化一致, 呈现先增后减趋势。水源涵养价值主要取决于降雨量和作物播种面积, 呈现波动增长趋势, 年均价值为 1933.83 亿元, 占正向服务价值的 16.63%, 是最大的调节服务价值。2013 年降雨量有所减少, 2023 年长江经济带的降雨量和粮食生产面积均有减少, 故呈现波动增长趋势。在负向服务方面, 温室气体排放价值先增后降, 由 853.82 亿元增至 974.43 亿元, 增长 120.61 亿元, 后回落至 955.70 亿元, 下降 18.73 亿元, 其主要原因是水稻和小麦的种植面积降低所致, 2003~2023 年长江经济带粮食生产生态系统正向服务价值增速显著高于负向服务, 生态系统服务功能持续优化, 绿色发展特征逐步凸显。

从作物种类上看如表 3, 水稻作物的生态系统服务价值最大, 年均价值为 6880.58 亿元, 占粮食作物生态系统服务总价值的 64.34%; 其次是玉米作物, 年均价值为 1907.28 亿元, 占比 17.84%; 最后是小麦

作物, 年均价值为 1905.77 亿元, 占比 17.82%, 同玉米作物年均价值占比相近。水稻作物的生态系统服务总价值总体呈现波动增长, 20 年间从 5857.23 亿元上升到 7192.68 亿元, 增长了 1335.45 亿元, 其中 2003~2008 年间, 增长 1131.03 亿元, 增幅 19.31%, 主要是水稻产量和面积的增长; 2008~2013 年主要是由于降雨量的减少; 2018~2023 年主要是由于降雨量减少和水稻生产面积的减少。小麦作物的生态系统服务价值总体呈现增长趋势, 20 年间从 1370.37 亿元增长到 2203.23 亿元, 增长 832.86 亿元, 其中 2018~2023 年服务价值降低 13.42 亿元, 主要是由于降雨量和播种面积的减少所致。玉米作物的生态系统服务价值呈现增长趋势, 20 年间从 1318.24 亿元增长到 2457.59 亿元, 增长 1139.34 亿元, 增幅 84.43%, 年均增长 56.97 亿元。

**Table 3.** The total value of ecosystem services of different grain production in the Yangtze River Economic Belt (100 million yuan)

**表 3.** 长江经济带不同粮食生产的生态系统服务总价值(亿元)

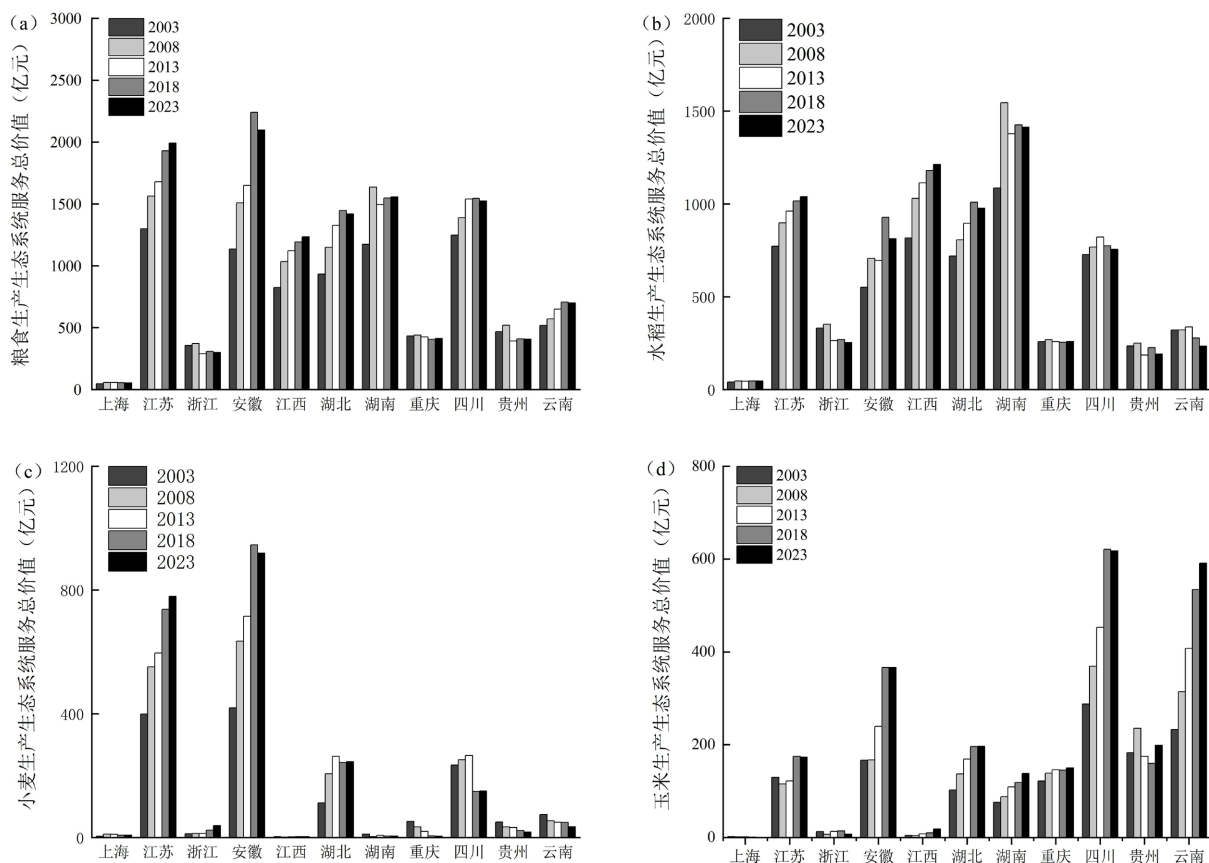
作物种类	2003	2008	2013	2018	2023	平均
水稻	5857.23	6988.26	6953.95	7407.22	7192.68	6880.58
小麦	1370.37	1793.87	1971.59	2189.81	2203.23	1905.77
玉米	1318.24	1576.44	1843.13	2341.00	2457.59	1907.28

### 3.2. 长江经济带粮食生态系统服务价值空间变化分析

通过 2003、2008、2013、2018、2023 年长江经济带粮食生产生态系统服务价值变化范围分别为 44.36~1299.71 亿元、57.43~1635.45 亿元、56.58~1678.57 亿元、54.82~2240.68 亿元、53.89~2097.70 亿元, 整体呈现“中游 > 下游 > 上游”的特征如图 1。2003~2023 年间, 安徽生态系统服务价值增长 961.35 亿元, 增幅 84.60%, 年均增长 48.07 亿元, 年均价值占长江经济带生态系统服务价值的 16.15%; 江苏粮食生产的生态服务总价值增长 692.04 亿元, 增幅 53.35%, 年均增长 34.60 亿元, 年均价值占长江经济带生态系统服务价值的 15.83%。长江经济带中游粮食生产的年均生态服务总价值的比例为 35.71%, 显示出中游地区在粮食生产生态总价值略高于下游的年均生态系统服务总价值占比 35.52%和上游的 28.78%。湖南、四川、湖北、江西粮食生产生态服务总价值处于第二梯队, 总体呈现增长趋势。云南、重庆、贵州、浙江、上海处于第三梯队, 其中与 2003 年相比, 2023 年贵州的生态系统服务价值出现下降, 其余各省(市)均有不同程度提升, 呈现显著的区域差异。

长江经济带粮食生产生态系统服务价值在不同作物、不同省份间差距较大, 2003、2008、2013、2018、2023 年长江经济带水稻生产的生态系统服务价值变化范围分别为 40.61~1086.43 亿元、45.74~1544.76 亿元、44.77~1378.10 亿元、46.62~1425.60 亿元、46.27~1412.91 亿元, 整体呈现“中游 > 下游 > 上游”的特征。20 年内湖南和江西水稻生产的生态系统服务价值位居长江经济带前列, 在 2023 年是长江经济带水稻生产的生态系统服务价值超过 1000 亿元的省份, 年均价值占长江经济带的 35.46%, 中游地区占比 48.27%。20 年内上海水稻生产的生态系统服务价值位于长江经济带末位, 主要是由于地区粮食生产面积小, 经济发达。2003、2008、2013、2018、2023 年长江经济带小麦生产生态系统服务价值变化范围分别为 2.84~418.75 亿元、1.44~634.68 亿元、1.85~715.06 亿元、2.43~946.12 亿元、2.15~918.93 亿元, 整体呈现“下游>上游>中游”的特征。20 年内安徽和江苏小麦生产的生态系统服务价值位于长江经济带前列, 年均价值分别为 726.71 和 612.71 亿元, 分别占比 38.13%和 32.15%, 超过长江经济带的 2/3。2003、2008、2013、2018、2023 年长江经济带玉米生产生态系统服务价值变化范围分别为 1.70~287.38 亿元、1.19~368.93 亿元、1.40~453.07 亿元、0.74~620.89 亿元、0.29~617.63 亿元, 整体呈现“上游 > 下游 > 中游”的特

征。20年内四川和云南玉米生产的生态系统服务价值位于长江经济带前列, 年均价值分别为 469.58 和 415.93 亿元, 占比 24.62%和 21.81%。



**Figure 1.** Value of grain ecosystem services in each province of the Yangtze River Economic Belt

**图 1.** 长江经济带各省粮食生态系统服务价值

#### 4. 结论

(1) 从时间上看, 2003~2023 年, 长江经济带粮食生产的生态系统总服务价值呈现“先增后减”的趋势, 20年间从 8545.84 亿元增至 11853.49 亿元, 增长了 3307.65 亿元, 年均增长 165.38 亿元。正向服务价值同总服务价值趋势一致, 其中, 年均供给服务(49.79%) > 调节服务(36.91%) > 保持服务(13.30%)。负向服务价值呈现波动增长由 853.82 亿元增至 955.70 亿元。从粮食作物上看, 长江经济带水稻、小麦和玉米年均服务总价值分别为 6880.58 亿元、1905.77 亿元、1907.28 亿元。

(2) 从空间上看, 2003~2023 年间, 长江经济带粮食生产生态系统总服务价值整体呈现中游 > 下游 > 上游的特征。其中安徽、江苏、湖南、四川、湖北的总价值位于长江经济带前列, 年均价值分别为 2097.70、1692.73、1481.59、1448.97、1255.06 亿元。贵州、重庆、浙江、上海的总价值位于末尾, 年均价值分别为 438.99、423.08、324.70、53.82 亿元。从作物上看, 水稻、小麦和玉米生产生态系统服务价值分别集中在中游、下游和上游。

#### 基金项目

国家社会科学基金(23BGL235)。

## 参考文献

- [1] Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., *et al.* (1997) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, **387**, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- [2] Leemans, R. and Groot, R.D. (2003) Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being—A Framework for Assessment. Island Press, 162-180.
- [3] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展[J]. 世界科技研究与发展, 2000, 22(5): 45-50.
- [4] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [5] 叶遒, 洪燕真, 张榕欢, 等. 福建省森林生态系统服务价值时空演变格局及空间异质性分析[J]. 水土保持学报, 2025, 39(5): 244-255, 263.
- [6] 王美霞, 李锦柏, 刘正君, 等. 城市湿地公园生态系统文化服务价值的空间特征及影响机制[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2025, 48(4): 67-76.
- [7] 朱青青, 刘超, 沈艳, 等. 宁夏罗山草地生态系统服务价值的地形效应[J]. 应用生态学报, 2024, 35(12): 3267-3274.
- [8] 夏鑫鑫, 朱磊, 杨爱民, 等. 基于山地-绿洲-荒漠系统的生态系统服务正负价值测算——以新疆玛纳斯河流域为例[J]. 生态学报, 2020, 40(12): 3921-3934.
- [9] 沟睿. 西部地区农田生态服务价值时空变化特征及影响因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(12): 40-48.
- [10] 张娜. 陕西省农田生态系统服务价值评估及其空间规划建议[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(6): 244-253.
- [11] 曹兴进. 农田生态系统多功能价值评估[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [12] 余漫. 土地整治对农田生态系统服务的影响[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [13] 熊文, 幸悦, 孙晓玉, 等. 长江经济带重点区域农田生态系统服务价值评价[J]. 人民长江, 2022, 53(12): 56-62, 74.
- [14] 李林蔚, 王龙昌, 吴伊雪, 等. 重庆市北碚区农田生态系统服务功能评价[J]. 三峡生态环境监测, 2021, 6(2): 8-16.
- [15] 李翠艳. 牟汶河流域土壤保持功能及其影响因子分析[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2021.
- [16] 周镛基, 吴思斌, 皮修平. 农业生产正外部性环境价值评估及其提升研究——以湖南省为例[J]. 农业现代化研究, 2017, 38(3): 383-388.
- [17] 张飞雪. 丹江口库区农田生态强化的生态系统服务价值评估[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2022.
- [18] 谢高地, 肖玉, 甄霖, 等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 10-13.