

2011~2021年甘孜藏族自治州耕地 多功能时空分异及权衡协同 分析

樊玉茹

西南民族大学公共管理学院, 四川 成都

收稿日期: 2023年8月12日; 录用日期: 2023年9月14日; 发布日期: 2023年9月25日

摘要

研究目的: 分析2011~2021年甘孜藏族自治州耕地多功能时空变化情况, 揭示当地耕地各功能间权衡协同关系, 为缓解耕地资源保护和耕地功能开发之间矛盾提供理论建议。研究方法: 多因素综合评价法和土地系统功能权衡度模型(LFTD)。研究结果: (1) 时序上看, 耕地多功能呈缓慢上涨趋势, 农业生产功能略有上涨, 社会保障功能呈波浪式变化, 生态安全功能涨幅明显; (2) 空间上看, 各县市的耕地多功能区域差异较大, 农业生产功能呈南高北低分布趋势, 社会保障功能变化波动较小, 生态安全功能呈中间高两边低分布趋势; (3) 各功能间有60%时间为权衡状态, 彼此之间发展矛盾较大。研究结论: 甘孜州目前已走向由生态安全为主导的耕地功能转型道路, 针对耕地多功能间发展不平衡, 利用不充分的现状, 应以政策为导向, 加强土地资源管理, 严格控制耕地转为建设用地数量, 落实耕地“数量、质量、生态”三位一体保护, 保障耕地多功能协同发展。

关键词

耕地多功能, 时空分异, 权衡协同, 甘孜藏族自治州

Spatio-Temporal Differentiation and Tradeoff of Multifunctional Cultivated Land in Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture from 2011 to 2021

Yuru Fan

School of Public Administration, Southwest Minzu University, Chengdu Sichuan

Abstract

Objective: To analyze the spatio-temporal variation of cultivated land multifunction in Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture from 2011 to 2021, reveal the tradeoff and synergy among various functions of cultivated land, and provide theoretical suggestions for alleviating the contradiction between cultivated land resource protection and cultivated land function development. **Research methods:** Multi-factor comprehensive evaluation method and land system function tradeoff model (LFTD). The results are as follows: (1) In time series, the multi-function of cultivated land increased slowly, the agricultural production function increased slightly, the social security function changed in a wavy manner, and the ecological security function increased significantly; (2) From the perspective of space, the regional difference of cultivated land multifunction is large among counties and cities. The agricultural production function is high in the south and low in the north, the change of social security function is small, and the ecological security function is high in the middle and low in the two sides. (3) 60% of the time, each function is in a balanced state, and the development contradiction between each other is great. **Research conclusion:** Currently, Ganzi Prefecture has moved towards the road of transformation of cultivated land function dominated by ecological security. In view of the unbalanced development and inadequate utilization of cultivated land multifunctional, it is necessary to strengthen the management of land resources, strictly control the quantity of cultivated land converted into construction land, implement the trinity protection of cultivated land “quantity, quality and ecology”, and guarantee the coordinated development of cultivated land multifunctional.

Keywords

Multifunctional Cultivated Land, Spatiotemporal Differentiation, Tradeoff Synergy, Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture

Copyright © 2023 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

耕地是人类赖以生存和发展的基础生产资料，也是人类依存度最高的一个复合生态系统[1]。它不仅包括传统的农业生产功能，更具有社会保障、生态保护和休憩游玩等多种重要功能[2]。2023年中央一号文件中再次明确了“三农”问题的重要性，耕地作为与农业农村农民息息相关的物质要素[3]，重新认识并定位其功能可以缓解耕地保护乏力局面，实现“数量、质量、生态”三位一体的保护新格局[4]。因此对耕地多功能的研究分析将有利于维持耕地功能开发和耕地保护的平衡[5]，进而实现耕地利用价值的最大化。

耕地多功能性这一概念源于20世纪90年代“农业多功能”概念的引入[6]，目前国内外相关研究主要为对耕地功能的内涵辨析[7]、耕地多功能管理[8][9]以及耕地多功能评价[10][11][12]，近年来相关学者的研究主要集中在耕地多功能评价指标体系构建[13]、时空演变关系[14][15]以及耦合协调关系[16]上；在研究空间的选择上主要集中在国家[17][18]、省[19][20][21][22][23]、市[24][25][26]等宏

观尺度为主,同时也包括城市群[27] [28] [29]、国家经济区[30] [31]以及特殊地貌区[32] [33]等典型区域;在研究单元上主要包括网格[34]以及行政单元[35]两种类型进行耕地功能相关研究;研究的方法上包括聚类分析[36]、协调度模型[37]、空间叠置分析等。上述研究推动了耕地多功能研究的深入发展,但普遍更为关注中东部地区、粮食主产区以及经济特区等地,对西南民族地区的关注较少。现今对于耕地多功能的研究多以大尺度研究为主,县域等小尺度研究较少,且对耕地资源丰富,地广人稀的少数民族地区关注则更少,此类地区急需认识到耕地多功能的重要性,进而去调节耕地功能开发与耕地保护之间的矛盾。基于此,本文将构建耕地多功能评价指标体系,采用土地系统功能权衡度模型(LFTD)分析 2011~2021 年甘孜藏族自治州耕地系统功能之间的权衡协调关系,以期为耕地保护和耕地功能开发提供借鉴。

2. 研究区域与数据来源

2.1. 研究区域

甘孜藏族自治州,简称甘孜州,位于四川省西部,康藏高原东南部,辖区内有 1 个县级市、17 个县,土地总面积为 $1.53 \times 10^5 \text{ km}^2$,占四川省全省面积的 31.76%。甘孜州是典型的以藏族为主的多民族聚居区,境内自然资源丰富,是中国原生生态系统以及自然垂直带保留的最为完整的地区之一,同时也对农业生产带来一定挑战,当地农作物主要为玉米、小麦、青稞和豆类等,经济发展较为落后。据相关统计数据,在 2011 年至 2021 年期间甘孜州耕地面积下降 2906 hm^2 ,农作物播种面积下降了 $13,508 \text{ hm}^2$,粮食播种面积下降了 4141 hm^2 ,蔬菜和油料的播种面积分别增长 3156 hm^2 和 $10,244 \text{ hm}^2$ 。基于此,选取甘孜州为研究区域以进行耕地多功能时空变化情况,揭示各功能的权衡协同关系。

2.2. 数据来源

该文使用的数据主要来源于 2012~2022 年的《甘孜州统计年鉴》,其中全国粮食单产数据来自于 2022 年《中国统计年鉴》,人均耕地承载力与农田多样化指数通过相关数据计算得出。

3. 研究方法

3.1. 耕地多功能评价指标体系构建

耕地作为功能交错的复杂系统,其任何时期进行的开发利用活动都是为了满足人类需求的。因此,耕地功能也会随着人类社会经济的不断发展而产生一定变化。在传统农耕社会中,耕地最为重要的就是农业生产功能;随着社会的不断发展,过度追求生产功能给自然环境带来极大负担,人类开始追求生产与生态之间的平衡;与社会制度发展相匹配的是耕地也逐渐拥有保障粮食供给,提供就业岗位等社会保障功能。基于此,结合已有研究,该文将耕地功能界定为农业生产功能、社会保障功能和生态安全功能 3 大类,选取 10 个指标构建评价指标体系(表 1)。

农业生产功能是耕地最为基础和重要的功能,即指耕地生产农作物的能力,该文根据张一达[38]等人的研究选取粮食单产等三个指标衡量耕地产出能力;社会保障功能表示耕地不仅为农户提供了生产收入,更可以协助缩小城乡收入差距,缓解城乡矛盾,根据钱凤魁[39]等人的研究选取人均耕地面积等四个指标测度耕地的生活保证、经济保障和就业保障功能;生态安全功能主要体现为耕地对生态的调节以及维持生物多样性的功能,根据牛海鹏[40]等人的研究选取地均化肥投入强度等指标衡量耕地正负向的环境承载能力以及耕地系统的生态恢复能力,其中人均耕地生态承载力 = 人均耕地资源禀赋 \times 耕地产量因子 \times 耕地均衡因子,耕地产量因子为研究单元粮食单产与全国粮食单产之比,耕地均衡因子取 1 [41],农田多样化指数用香农指数进行计算。

Table 1. Cultivated land multifunctional evaluation index system
表 1. 耕地多功能评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位	熵权法权重	层次分析法权重	均值
耕地多 功能	农业生产	粮食单产	kg/hm ² (+)	0.1587	0.1318	0.1453
		复种指数	% (+)	0.1438	0.1243	0.1340
		地均种植业产值	元/hm ² (+)	0.1618	0.1385	0.1502
	社会保障	人均耕地面积	hm ² /人(+)	0.0786	0.0894	0.0840
		人均粮食自给率	kg/人(+)	0.1013	0.1145	0.1079
		第一产业占比	% (+)	0.0592	0.0654	0.0623
		种植业从业比重	% (+)	0.0310	0.0741	0.0526
	生态安全	地均化肥投入强度	吨/hm ² (-)	0.0377	0.0573	0.0475
		人均耕地生态承载力	- (+)	0.1200	0.0972	0.1086
		农田多样化指数	- (+)	0.1079	0.1075	0.1077

3.2. 指标权重及耕地多功能计算

3.2.1. 数据无量纲化处理

为消除不同指标之间的量纲差异，采用最大最小标准差法消除各项指标之间缺乏可比性的研究。公式如下：

$$X'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \text{ (正向指标)} \quad (1)$$

$$X'_{ij} = \frac{x_{j\max} - x_{ij}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \text{ (负向指标)} \quad (2)$$

3.2.2. 指标权重

该文采用熵权法与层次分析法综合衡量各指标权重(表 1)。

3.2.3. 功能值计算

运用线性加权法测度耕地多功能值，公式为：

$$U_i = \sum_{j=1}^m W_j P_{ij}, \sum_{j=1}^m W_j = 1$$

式中： U_i 为第 i ($i = 1, 2, 3$) 系统综合发展水平评价值， W_j 为序参量对应的权重， P_{ij} 为样本标准化后的值。

3.3. 耕地功能权衡与协同分析

权衡与协同分析被广泛运用在生态系统服务关系的研究中，权衡代表不同生态系统服务在一定时段中呈负相关关系；协同代表不同生态系统服务在一定时段中呈现正相关关系。文章引入生态系统服务权衡度模型，构建起土地系统功能权衡度模型(LFTD) [42]。

$$\text{LETD}_{ij} = \frac{\text{LFC}_{ib} - \text{LFC}_{ia}}{\text{LFC}_{jb} - \text{LFC}_{ja}}$$

式中, $LFTD_{ij}$ 表示第 ij 种土地系统功能权衡协同度, LFC_{ia} 第 i 种功能 a 时刻的功能值, LFC_{ib} 为第 i 种功能 b 时刻的功能值; LFC_{ja} 、 LFC_{jb} 同上。

4. 结果与分析

4.1. 耕地多功能时序变化特征

从表 2 中可看出, 在 2011 年、2016 年和 2021 年三个研究时间点上, 其平均值为 0.4302, 呈现缓慢上涨趋势, 说明耕地多功能指数随着现代化农业的不断发展, 整体功能不断完善。从耕地多功能值的变异系数来看, 整体呈现波动式下降的趋势, 整体呈现较为明显的时空波动性。从变异系数来看, 甘孜州耕地多功能指数在 2011~2016 年期间变化差异大, 发展不稳定; 在 2016~2021 年期间, 耕地多功能指数变化差异较小, 发展较为稳定。

Table 2. Time evolution trend of cultivated land multifunctional index

表 2. 耕地多功能指数时间演变趋势

项目	2011 年	2016 年	2021 年
均值	0.4130	0.4445	0.4332
变异系数	0.3049	0.2138	0.2790

从时序(图 1)上看, 甘孜州农业生产功能略有下降, 但变化幅度不大, 可以看出农业生产功能经历了先增长后缓慢下降的变化趋势。随着经济的快速发展, 甘孜州的农业技术得到极大提高, 因此随耕地面积略有减少, 但粮食产量却有一定提高, 因此整体的农业生产功能变化幅度并不大。社会保障功能呈现波浪式下降的发展态势。城镇化进程的开展使得甘孜州人口逐渐向大城市外迁, 在 2020 年年底甘孜州总人口为 110.8 万人。生态安全功能呈现较为明显的上升趋势, 这一时段内人均耕地生态承载力和农田多样性两项指标增幅明显。

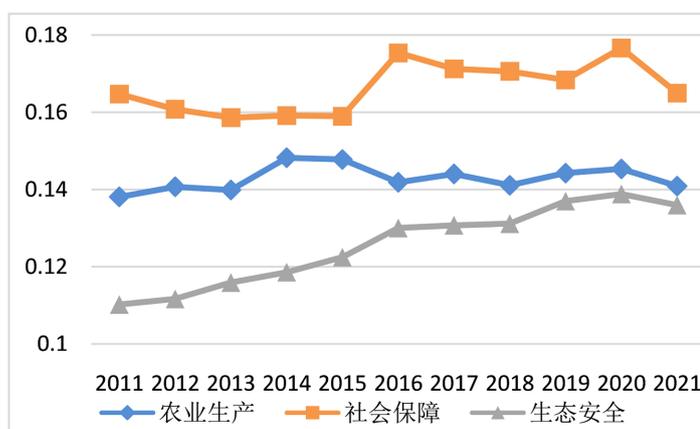


Figure 1. Temporal changes of cultivated land multifunction in Ganzi prefecture from 2011 to 2021

图 1. 2011~2021 年甘孜州耕地多功能时序变化

4.2. 耕地多功能空间变化特征

本文根据研究区域的实际情况以及已有研究成果将功能值导入 ArcGIS 10.2 软件中, 采用自然断点法划分出低水平、一般水平和高水平三个等级。从图上可以看出, 耕地多功能值不仅在时序上有变化, 因

各地自然环境条件以及社会经济条件的不同，空间上也呈现出较为明显的区域差异性。

在研究时段内，农业生产功能高水平区逐渐增多(图 2)，且呈现南高北低的分布趋势。农业生产功能的高水平区域主要为九龙县以及泸定县。这些位置地势较为平坦，从其区位条件上看，这类地区位于云南高原与四川盆地过度地带，耕地肥沃，灌溉条件较好。白玉县、炉霍县和道孚县等地因海拔较高，境内山地较多，耕地多处于山地当中，土壤肥力较差，因此其农业生产功能较低。

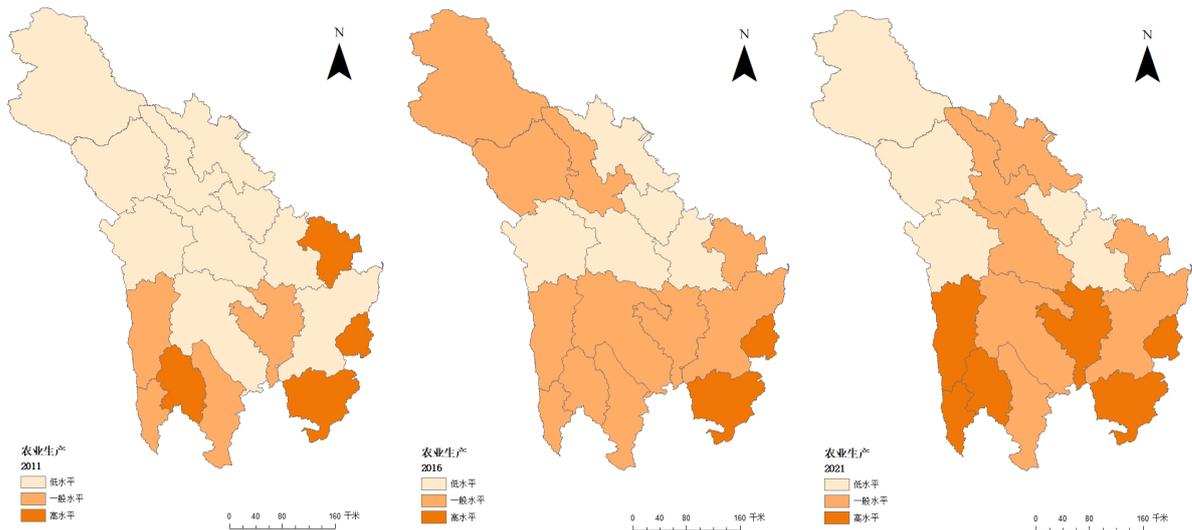


Figure 2. Spatial change of agricultural production function of cultivated land in Ganzi Prefecture from 2011 to 2021
图 2. 2011~2021 年甘孜州耕地农业生产功能空间变化

社会保障功能(图 3)维持在较为稳定的水平。高水平区主要为得荣县和甘孜县，随着经济水平以及农业机械化程度的提高，各县市农村人均可支配收入增加，生活和就业也就得以保障。低水平区主要为康定市和泸定县等地，当地旅游业发达，随着第三产业的发展，人口逐渐增多，致使该地耕地社会保障功能在较低水平。

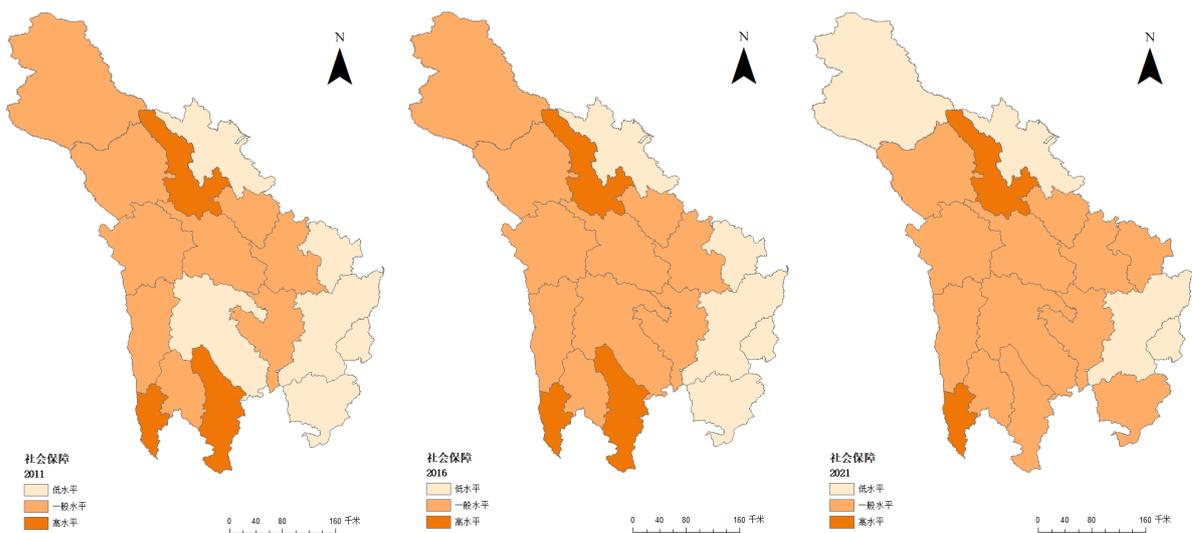


Figure 3. Spatial changes of social security function of cultivated land in Ganzi Prefecture from 2011 to 2021
图 3. 2011~2021 年甘孜州耕地社会保障功能空间变化

生态安全功能(图 4)高水平区域不断增多且主要集中在南部的稻城、理塘和新龙等地,这些地域多是甘孜州的旅游胜地,风景优美且农副产品资源丰富。自四川省将甘孜州划为川西北生态示范区后,当地致力于绿色农业、可持续农业的发展,大力栽培高原特色农作物,增加了农田物种多样性,现代化农业的发展也使得当地农产品单产水平上升,因此甘孜州生态安全功能呈现逐年上涨的发展趋势。

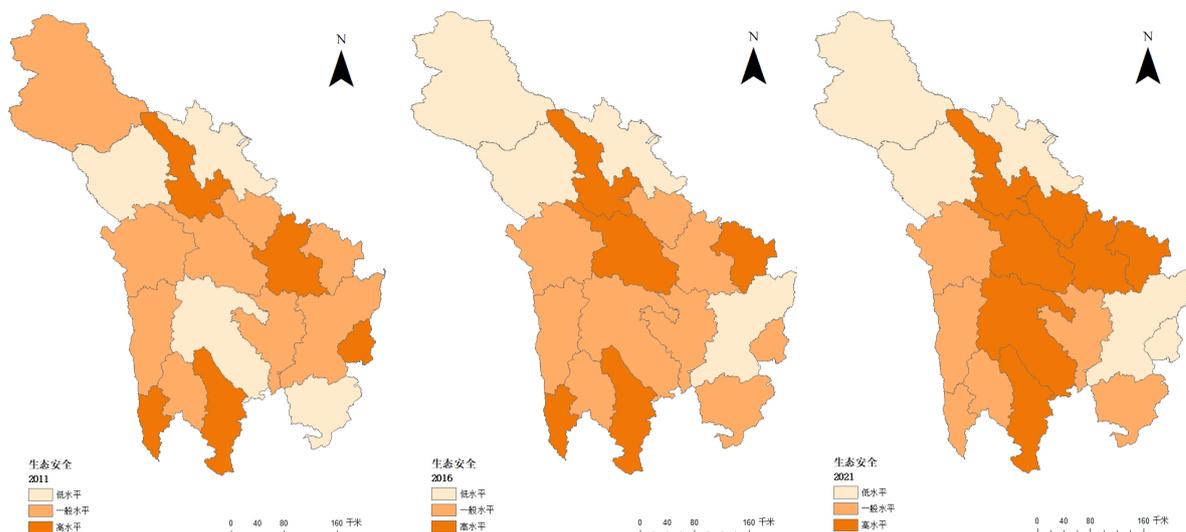


Figure 4. Spatial changes of cultivated land ecological security function in Ganzi Prefecture from 2011 to 2021

图 4. 2011~2021 年甘孜州耕地生态安全功能空间变化

4.3. 耕地多功能权衡与协同分析

该文以时间间隔为两年,采用土地系统权衡协同理论计算甘孜州 2011~2021 年期间耕地多功能权衡协同度,结果如表 3 所示。

生产 - 生态功能的权衡协同度为正值,呈协同发展关系,生产 - 社会功能与社会 - 生态功能的权衡协同度为负值,呈权衡发展关系。在这一期间生态农业、绿色农业的发展理念开始得到普及,在农业生产过程中,化肥农药的投入量得以减少,机械化、规模化的作业方式使得粮食产量得以提高,耕地生态安全功能值逐渐得以提高。

Table 3. Multi-function tradeoff cooperation degree in Ganzi prefecture from 2011 to 2021

表 3. 甘孜州 2011~2021 年多功能权衡协同度

年份	生产 - 社会	生产 - 生态	社会 - 生态
2013	-0.2929	0.3142	-1.0729
2015	-8.6815	1.2040	-0.1387
2017	-5.5438	-0.4577	0.0826
2019	-1.5006	0.0382	-0.0255
2021	5.1815	3.2871	0.6344

社会 - 生态功能的权衡协同值为正值,呈协同发展关系,生产 - 社会功能与生产 - 生态功能的权衡协同度为负值,呈权衡发展关系。在此阶段,农业技术的提高为耕地的集约化利用创造了一定条件,但随着高原地区观光旅游业的发展,乡村人口就业逐渐由农业转向二三产业,劳动力的转移致使农业生产

功能略有下降,耕地功能逐渐由农业生产为主导向生态安全为主导转型。

生产-生态功能的权衡协同值为正值,呈协同发展关系,生产-社会功能与社会-生态功能的权衡协同度为负值,呈权衡发展关系。此阶段与2011年~2015年期间相类似,在多功能间权衡关系表现最强烈的为生产-社会功能,生产-生态功能由上一阶段的权衡关系转为弱协同关系,社会-生态功能由上一阶段的协同关系转为弱权衡关系。

5. 结论与讨论

5.1. 结论

本文以甘孜藏族自治州作为研究单元,基于2011~2021年全州18个县市的统计数据,构建了耕地多功能评价指标体系,揭示了耕地农业生产功能、社会保障功能以及生态安全功能在时间和空间上的变化特征,采用土地系统功能权衡度模型(LFTD)分析各子系统之间的权衡协同关系,基于灰色关联度分析法测度人口、经济和要素投入因素对耕地多功能的影响,主要结论如下。

1) 从时序上看,耕地多功能值上涨较为缓慢,其变异系数呈波浪式下降趋势。农业生产功能值在2011年~2016年缓慢增长,在2016年~2021年略有下降,呈现倒“U”形发展趋势;社会保障值整体较高,呈波浪发展趋势;生态安全值逐年上升,增长幅度较大。

2) 从空间上看,耕地多功能值区域差异性明显。农业生产功能值呈南高北低的分布趋势,高水平区主要为九龙县和泸定县;社会保障功能空间分布较为均衡,大多处于一般水平区间,高水平区主要甘孜县和得荣县;生态安全逐年上升且高水平区主要集中在中部地区。

3) 甘孜州耕地多功能间有60%时间为权衡关系,各功能间作用关系由以权衡为主转为以协同为主。

5.2. 讨论

本文以甘孜州为例揭示了西部民族地区耕地多功能的时空变化、权衡协同关系以及其影响因素,以县域为研究单位,评价结果较为精确,补充了在耕地多功能在西部民族地区的研究,但仍存在部分指标数据的获取存在一定局限性的问题。

通过相关分析我们可以看出,甘孜州的生态安全功能在近十年来有了极大改善和提高,耕地多功能虽仍由社会保障功能为主导,但已逐步走上由生态安全为主导的转型道路;甘孜州耕地多功能间有60%为权衡关系,各功能发展间矛盾较为突出,在自然条件和地理位置难以改变的前提下,可采用政策引导方式解决耕地利用不平衡的问题,实现耕地各功能间的协同发展,还需加强当地土地资源管理,严格控制建设用地转用数量,保障各功能的协调发展;

本文虽对耕地多功能的时空变化、权衡协同关系以及影响因素进行了研究,但未对耕地多功能以及单一功能之间关系展开进一步研究,后续可以针对如何优化耕地多功能之间的关系展开研究。

参考文献

- [1] 邹利林,李裕瑞,刘彦随,等.基于要素视角的耕地“三生”功能理论建构与实证研究[J].地理研究,2021,40(3):839-855.
- [2] 王滢琳,刘新平.和田河流域耕地多功能评价及其时空演变分析[J].中国农机化学报,2022,43(7):197-204.
- [3] 牛善栋,方斌,崔翠,等.乡村振兴视角下耕地利用转型的时空格局及路径分析——以淮海经济区为例[J].自然资源学报,2020,35(8):1908-1925.
- [4] 祖健,郝晋珉,陈丽,等.耕地数量、质量、生态三位一体保护内涵及路径探析[J].中国农业大学学报,2018,23(7):84-95.
- [5] 杨凤妍子,胡伟艳,刘恬,等.耕地多功能权衡与协同关系的尺度效应——以武汉城市圈为例[J].浙江农业学报,

- 2022, 34(1): 184-195.
- [6] 彭建, 刘志聪, 刘焱序. 农业多功能性评价研究进展[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(6): 1-8.
- [7] 向敬伟, 廖晓莉, 宋小青, 等. 中国耕地多功能的区域收敛性[J]. 资源科学, 2019, 41(11): 1959-1971.
- [8] 宋小青, 欧阳竹. 中国耕地多功能管理的实践路径探讨[J]. 自然资源学报, 2012, 27(4): 540-551.
- [9] 汪容基, 赵小敏, 赵丽红, 等. 基于 MCR-InVEST 模型的城郊耕地多功能评价及功能分区[J]. 农业工程学报, 2022, 38(20): 209-219.
- [10] 吴大放, 刘艳艳, 张晓露, 等. 1990-2014 年广州市耕地功能评价分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(2): 64-72.
- [11] 亓浩. 基于主体功能区划的耕地多功能动态演变特征——以湖南省为例[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2020, 43(6): 1-7.
- [12] 周丁扬, 李抒函, 文雯, 等. 基于供需视角的河南省耕地多功能评价与优化[J]. 农业机械学报, 2020, 51(11): 272-281.
- [13] 路昌, 耿昊, 刘蕊, 等. 山东省耕地多功能耦合协调度时空格局分析[J]. 农业机械学报, 2021, 52(3): 265-274.
- [14] 覃事娅, 王忠诚. 基于不同职能城市耕地多功能演变及驱动力分析[J]. 中国水土保持科学, 2020, 18(4): 94-102.
- [15] 朱从谋, 李武艳, 杜莹莹, 等. 浙江省耕地多功能价值时空变化与权衡-协同关系[J]. 农业工程学报, 2020, 36(14): 263-272.
- [16] 张丝雨, 胡伟艳, 赵可, 等. 耕地多功能与农业绿色全要素生产率的耦合协调发展研究[J]. 世界农业, 2022, 523(11): 83-97.
- [17] 刘宝涛, 陆鹏, 刘帅, 等. 中国粮食主产区耕地多功能时空格局及其优化[J]. 华东经济管理, 2021, 35(12): 92-99.
- [18] 熊昌盛, 张永蕾, 王雅娟, 等. 中国耕地多功能评价及分区分管[J]. 中国土地科学, 2021, 35(10): 104-114.
- [19] 陈莎, 杨润佳, 李冠. 浙江省耕地多功能时空格局变化、影响因素及空间溢出效应[J]. 农业工程学报, 2022, 38(16): 21-32.
- [20] 王慧, 龙开胜. 基于耕地多功能的江苏省耕地保护补偿标准研究[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(11): 101-111.
- [21] 卫新东, 林良国, 罗平平, 等. 耕地多功能耦合协调发展时空格局与驱动力分析[J]. 农业工程学报, 2022, 38(4): 260-269.
- [22] 姜艳, 杨淳棉, 聂艳, 等. 湖北省县域耕地多功能时空演变及耦合协调分析[J]. 山地学报, 2021, 39(6): 891-900.
- [23] 许多艺, 濮励杰, 黄思华, 等. 江苏省耕地多功能时空动态分析及对耕地数量变化响应研究[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(3): 575-587.
- [24] 周小平, 申端帅, 谷晓坤, 等. 大都市全域土地综合整治与耕地多功能——基于“情境-结构-行为-结果”的分析[J]. 中国土地科学, 2021, 35(9): 94-104.
- [25] 高星, 宋昭颖, 李晨曦, 等. 城乡梯度下的耕地多功能价值空间分异特征[J]. 农业工程学报, 2021, 37(16): 251-259.
- [26] 唐春云, 臧俊梅. 新时代广州市耕地多功能评价及时空演变分析[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(2): 332-343.
- [27] 王雨枫. 耕地多功能利用转型特征与优化策略——基于城市群视角[J]. 江西财经大学学报, 2022, 141(3): 96-105.
- [28] 李嘉仪, 董玉祥. 珠海市镇域耕地多功能性与安全耦合协调度分析[J]. 热带地理, 2019, 39(3): 410-419.
- [29] 李怡, 方斌, 李裕瑞, 等. 城镇化进程中耕地多功能权衡/协同关系演变及其驱动机制[J]. 农业工程学报, 2022, 38(8): 244-254.
- [30] 余富祥, 胡月明, 刘振杰, 等. 基于力学平衡模型的耕地多功能演变及其协调性分析——以珠江三角洲为例[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(6): 728-737.
- [31] 刘绍雄, 张小栋, 陈亚恒. 阜平县低山丘陵区耕地多功能评价及利用研究[J]. 林业与生态科学, 2021, 36(3): 236-244.
- [32] 覃璐园, 陆汝成, 李思旗. 喀斯特地区耕地多功能评价及权衡与协同关系分析——以广西龙胜各族自治县为例[J]. 江西农业学报, 2021, 33(6): 121-126.
- [33] 何青泽, 谢德体, 王三, 等. 重庆市北碚区耕地多功能评价及时空演变分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),

- 2020, 42(1): 79-87.
- [34] 陈秋滢, 张炜康, 杨国永. 广东省耕地多功能空间分异及权衡与协同关系[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(13): 212-218.
- [35] 马才学, 金莹, 柯新利, 等. 基于全排列多边形图示法的湖北省耕地多功能强度与协调度典型模式探究[J]. 中国土地科学, 2018, 32(4): 51-58.
- [36] 蒙吉军, 郭力仁, 朱丽君, 等. 黑河中游耕地多功能性时空变化及权衡[J]. 应用基础与工程科学学报, 2021, 29(4): 823-835.
- [37] 董鹏宇, 赵华甫. 耕地多功能权衡与协同关系研究——以上海市青浦区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 368-375.
- [38] 张一达, 刘学录, 任君, 等. 基于耕地多功能权衡与协同分析的耕地利用转型研究——以北京市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(6): 25-33.
- [39] 钱凤魁, 迟艳茹, 徐欢, 等. 2006-2020 年沈阳市耕地多功能权衡协同关系演变分析[J]. 中国土地科学, 2022, 36(10): 31-41.
- [40] 牛海鹏, 赵晓鸣, 肖东洋, 等. 黄河流域(河南段)耕地多功能时空格局演变及其权衡协同关系[J]. 农业工程学报, 2022, 38(23): 223-236.
- [41] 刘永强, 龙花楼. 黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制[J]. 地理学报, 2016, 71(4): 666-679.
- [42] 蒋梦凡, 李智国, 李杰, 刘新有. 耕地利用转型突变点检测及其时空特征——以昆明市东川区为例[J]. 中国土地科学, 2022, 36(3): 86-95.