

基于模糊评判法的广西秸秆资源利用综合效益分析

卢欣永 周志雄 张宁 梁思阳

仲恺农业工程学院经贸学院, 中国·广东 广州 510225

摘要: 秸秆资源综合利用对中国构建农业生态循环经济有着重要的意义, 而不同粮食产区由于地理、经济等因素的差异导致了不同地区秸秆利用方法的多样化, 为实现综合利用效率的最大化, 各地则因地制宜采取适用方式。论文以广西壮族自治区为例, 从经济、社会、环境三个层面构建评价指标体系, 通过专家打分和模糊综合评判方法对广西壮族自治区主要三种秸秆利用方式进行综合效益比较分析, 探索最适宜当地途径机制, 并为其他地区农作物秸秆综合利用提供参考依据。

关键词: 秸秆综合利用; 专家打分法; 模糊评判法; 综合效益

Comprehensive Benefit Analysis of Straw Resource Utilization in Guangxi Based on Fuzzy Evaluation Method

Xinyong Lu Zhixiong Zhou Ning Zhang Siyang Liang

Zhongkai Agricultural Engineering College School of Economics and Trade, Guangzhou, Guangdong, 510225, China

Abstract: The comprehensive utilization of straw resources is of great significance for China to build an agricultural ecological circular economy. However, due to differences in geography, economy, and other factors in different grain producing regions, straw utilization methods are diversified in different regions. To achieve maximum comprehensive utilization efficiency, each region adopts suitable methods according to local conditions. Taking Guangxi Zhuang Autonomous Region as an example, this paper constructs an evaluation index system from three levels: economy, society, and environment. Through expert scoring and fuzzy comprehensive evaluation methods, the comprehensive benefits of the main three straw utilization methods in Guangxi Zhuang Autonomous Region are compared and analyzed, exploring the most suitable local pathway mechanism and providing reference for the comprehensive utilization of crop straw in other regions.

Keywords: comprehensive utilization of straw; expert scoring method; fuzzy evaluation method; comprehensive benefits

1 引言

广西壮族自治区 2023 年全年粮食总产量 1395.36 万吨, 已经连续四年实现粮食面积、产量的双增长。2023 年全区水稻、农作物等主要农作物年均秸秆可收集用量在 1200 万吨左右, 虽然广西壮族自治区的秸秆综合利用率达到了 86% 左右, 但仍然有约 14% 的秸秆资源未被综合利用。这一现象主要是由于广西区内一些欠发达地区对当地气候环境条件, 资源配置、农业结构、收入水平、农户认知等方面没有深入了解, 并在制定政策上不清晰, 技术推广上不全面造成的。尤其在广西部分农村地区, 相关部门督察惩罚力度欠缺, 导致秸秆被随意焚烧或堆放田间, 这加剧了大气污染并破坏了土壤生态环境, 不利于下一茬农作物的播种。因此, 大力鼓励和持续引导秸秆产业的发展, 是带动农业经济持续发展 and 提高当地居民收入的重要举措。

同时, 广西壮族自治区作为能源匮乏且消费能源相对比较的省份, 主要以煤矿消费为主, 而过量的煤矿能源消耗会导致广西区内一次性能源匮乏、发展不协调, 碳排放量上升。因此, 提高秸秆综合利用率实现能源结构的转型尤为

重要。秸秆能源作为一种易开发、成本低、减排少的可替代资源, 广西区内好好利用秸秆资源在 2030 年前实现“碳达峰”、2060 年前实现“碳中和”具有重要意义。近些年, 随着广西农作物种植面积的扩大, 秸秆的可收取量和企业对其需求量也不断增加, 而秸秆若在短时间内未及收取会造成资源浪费, 因此高效利用秸秆资源成为需要攻克的难题, 而农户秸秆综合利用认知有限、秸秆仓储运流程成本较高、相关技术人才不足等都成为秸秆利用发展中的阻碍。同时, 秸秆资源结构性、季节性的特点也会导致秸秆资源过剩, 因此需要中国制定一系列政策和解决方案, 根据作物特性积极研究并探索最佳利用模式, 将其作为可再生生物质能源的潜力开发出来。

通过梳理相关文献, 目前中国对于秸秆效益分析研究也有多例。李新华(2016)^[1]认为秸秆直接还田模式是众多利用方式中最为便利、直接的一种, 同时还可以补充和平衡土壤养分, 有效地实现了改善了土地土壤基础肥力的目的, 其经济效益相比其它方式也是最优的, 对农业经济可持续发展具有重要的意义。张晓庆(2021)^[2]认为秸秆能源化利用可统筹各种利用形式, 秸秆成型燃料具备独立的能源终端产

品和半成品两种功能，可扩大其他能源化利用方式的原料供应半径，利于建立稳定的原料供应链和高效的产业集群，增加经济效益。彭春艳（2014）^[3]提出秸秆肥料不仅增加土壤供碳量，加速排放二氧化氮和反硝化，还可以减少反硝化氮的流失。但是目前对于广西区内的秸秆资源效益分析研究略少，论文选取秸秆还田化、秸秆有机肥化、秸秆能源化三种广西区内主要秸秆利用方式分别从经济效益、社会效益、环境效益三个层面进行综合效益评价分析，利用相关农业领域专家打分和模糊评判对各指标进行评分，选取最适宜当地的秸秆利用方式，为当地秸秆资源产业结构调整提供建议。

2 层次分析法相关理论及运用

层次分析法的是将具体的问题分解成目标、准则、指标等层次化，并在此基础上进行量化分析得出最优决策。Petrini（2016）^[4]认为层次分析法能将复杂的问题分成多个层次，然后进行优劣比较，依次对各个相关指标最终结果进行排序。这种方法能够将定性和定量分析与主观判断相结合，从而实现解决问题的目的。许山晶（2021）^[5]认为层次分析法一般可分为构建层次系统、构建矩阵、计算权重向量和进行一致性检验等四个过程。

层次分析法在国外已经运用于多个方面，例如农业公共政策评价、资源管理等。基本研究手段都是将目标有层次的分解为递阶层次结构，然后构建相关指标的矩阵，最后计算结果并对指标进行排序。Yavuz（2013）^[6]对巴西政府政策的合理性展开了层次分析研究，从而了解甘蔗种植区农户生存状况，并找出政策推动的影响因素。Oddershede（2007）^[7]评价了土耳其最大的湖盆地流域水域管理战略，并将SWOT方法与层次分析法相结合，最终找到了解决问题的最佳方法。

2.1 建立指标体系

基于可持续发展理论和循环经济理论，要求资源利用在经济增长和绿色生态间平衡，在农业经济发展中，需要在提高农户人均收入和增强农户主动性的同时，也要着力于促进资源利用效率，避免资源浪费和生态环境的破坏。因此，科学收储和利用秸秆资源在经济、社会、环境层面上都有着重要意义。在绿色生态发展之路上，提高秸秆综合利用效率，实现农副产品资源循环利用的同时，也增加了居民就业岗位，带动全省农业生态经济发展^[8]。因此，论文从经济效益、社会效益、环境效益三个角度对当地秸秆综合利用效益进行层次分析。构建的指标体系包括三部分，分别是目标层、准则层和指标层。具体指标体系图见表1。

2.2 计算指标层各指标权重及一致性检验

对指标层各指标相对权重进行计算并进行一致性检验。综上所述，经层次分析法求得的权重结果如表2所示。

可以看出，在经济效益中，投入产出率的权重最大。在社会效益中，农户年均增收权重最大。在环境效益中，能源转化率权重最大。

表 1 秸秆利用方式综合效益评价指标体系

目标层	准则层	指标层
秸秆利用方式 综合效益 A	经济效益 B1	投入产出率 C1
		投资回报率 C2
		企业发展能力 C3
	社会效益 B2	新增就业岗位数 C4
		农户年均增收 C5
		资源替代率 C6
	环境效益 B3	二氧化碳减排量 C7
		能源转化率 C8
		资源循环利用率 C9

表 2 各层次指标权重

目标层	准则层	权重	指标层	相对权重
秸秆利用 方式综合 效益 A	经济效益 B1	0.5485	投入产出率 C1	0.5390
			投资回报率 C2	0.2973
			企业发展能力 C3	0.1638
	社会效益 B2	0.2409	新增就业岗位数 C4	0.2611
			农户年均增收 C5	0.4111
			资源替代率 C6	0.3278
	环境效益 B3	0.2106	二氧化碳减排量 C7	0.4577
			能源转化率 C8	0.4160
			资源循环利用率 C9	0.1263

3 模糊综合效益评价

3.1 一级模糊评价

根据各个评价因素的隶属度，可以求出给准则层指标相对应的模糊关系矩阵，用 R_i 表示。以还田化为例，其准则层指标经济效益、社会效益、环境效益相对应的模糊关系矩阵 R_1 、 R_2 、 R_3 如下所示。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.4444 & 0.3333 & 0.1667 & 0.0556 \\ 0.3889 & 0.5278 & 0.0556 & 0.0278 \\ 0.4722 & 0.3889 & 0.0556 & 0.0833 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.4167 & 0.4444 & 0.1389 & 0 \\ 0.3611 & 0.3333 & 0.1667 & 0.1389 \\ 0.3333 & 0.4444 & 0.1389 & 0.0833 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.5278 & 0.3611 & 0.0556 & 0.0556 \\ 0.3611 & 0.4167 & 0.1667 & 0.0556 \\ 0.4167 & 0.3056 & 0.2500 & 0.0278 \end{bmatrix}$$

类似地，可以求出肥料化和能源化的各准则层指标相对应的模糊关系矩阵，由于篇幅关系，在此并不一一列举出来。在求出历年各准则层指标模糊关系矩阵后，可以通过公式 $E_i = W_i \times R_i$ 求出其相对应的评判矩阵。以还田化为例，其各准则层指标相对应的评判矩阵如下。

$$E1 = W1 \times R1 = (0.5390, 0.2973, 0.1638) \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.4444 & 0.3333 & 0.1667 & 0.0556 \\ 0.3889 & 0.5278 & 0.0556 & 0.0278 \\ 0.4722 & 0.3889 & 0.0556 & 0.0833 \end{bmatrix} \\ = (0.4325, 0.4003, 0.1155, 0.0519)$$

$$E2=(0.3665, 0.3988, 0.1503, 0.0844)$$

$$E3=(0.4444, 0.3772, 0.1263, 0.0520)$$

在求出历年各准则层指标相对应的评判矩阵后，需要对其进行评分。同样以还田化为例，其准则层各指标评分 P_i 如下。

$$P1=E1 \times N^T = (0.4325, 0.4003, 0.1155, 0.0519) \times (4, 3, 2, 1)^T = 3.2137$$

$$P2=3.0474$$

$$P3=3.2140$$

同理，可求得肥料化、能源化准则层各指标评判矩阵及相应评分，具体结果如表 3 所示。

表 3 三种秸秆利用方式准则层指标评判矩阵及评分

秸秆利用方式	指标	评分
还田化	经济效益 B1	3.2137
	社会效益 B2	3.0474
	环境效益 B3	3.2140
肥料化	经济效益 B1	2.8149
	社会效益 B2	3.0355
	环境效益 B3	2.8845
能源化	经济效益 B1	2.4462
	社会效益 B2	2.7438
	环境效益 B3	2.5384

3.2 二级模糊评价

已知 $W=(W1, W2, W3)=(0.5485, 0.2409, 0.2106)$ 。在一级模糊评价部分里，得到了还田化、肥料化、能源化的准则层指标的评判矩阵，即还田化、肥料化、能源化的综合模糊关系矩阵 R，以还田化为例。

$$R(\text{还田化}) = \begin{bmatrix} 0.4235 & 0.4003 & 0.1155 & 0.0519 \\ 0.3665 & 0.3988 & 0.1503 & 0.0844 \\ 0.4444 & 0.3722 & 0.1263 & 0.0520 \end{bmatrix}$$

综合评判矩阵可由准则层各指标权重与综合模糊关系矩阵相乘求得，即 $E=W \times R$ ，再通过 $P=E \times N^T$ 求得其综合评分。最终求得还田化、肥料化、能源化的综合评判矩阵和评分如表 4 所示。

表 4 三种秸秆利用方式的综合评判矩阵和综合评分

秸秆利用方式	很好	较好	一般	差	评分
还田化	0.4191	0.3951	0.1261	0.0597	3.1737
肥料化	0.2588	0.4477	0.2109	0.0827	2.8827
能源化	0.1279	0.3775	0.3711	0.1235	2.5373

由此，可以得出在秸秆还田化的综合效益得分高于其他两种方法，比较值得在该地区广泛利用。秸秆还田的成本较低，并且实施后也可以很好地提高土地肥力，有利于增加农作物产量，提高农户收入。秸秆肥料化在社会效益和环境效益指标上也较有优势。秸秆能源化由于实施成本较高，操作较为繁琐，经济效益和社会效益得分较低^[9]。

4 研究结论

论文以广西壮族自治区为例，结合当地的经济水平和

地域特征，利用层次分析法和模糊评判法，通过综合效益分析，得出最适合当地的秸秆利用方法。因此，在秸秆利用方式的选择上要因地制宜。在广西区内资源丰富，经济技术水平较高的地区，应该优先发展秸秆能源产业，比如建立相关产业基地，引进技术人才等。在广西区内经济技术发展水平较低的地区，政府应该完善政策补贴制度，增强当地农户秸秆利用意识，而简单易行的利用方式则是优选。另外，由于部分农村地区秸秆回收储存体系尚未建立完善导致秸秆利用率较低，不利于生态经济的长期发展。当地政府应该大力扶持和鼓励当地收储企业的发展，根据秸秆收取的成本、时间、运输等相关因素，帮助他们尽快完善区域性的收集系统，保障秸秆资源的高效利用。在建立秸秆产业链方面，当地政府和有关部门应该根据实际秸秆资源和技术利用情况，综合使用几种秸秆利用方式，并进行优化组合，采取秸秆多元循环利用方式有效科学地提高当地秸秆综合利用水平^[10]。除此之外，政府与相关企业、研究院等应该保持密切的沟通，合作开发在秸秆领域运用的新技术，探索新型市场模式，积极将研究成果转化，共同带动产业经济发展，提高社会效益。

参考文献：

- [1] 李新华,郭洪海,朱振林,等.不同秸秆还田模式对土壤有机碳及其活性组分的影响[J].农业工程学报,2016,32(9):130-135.
- [2] 张晓庆,王梓凡,参木友,等.中国农作物秸秆产量及综合利用现状分析[J].中国农业大学学报,2021,26(9):30-41.
- [3] 彭春艳,罗怀良,孔静.中国作物秸秆资源量估算与利用状况研究进展[J].中国农业资源与区划,2014,35(3):14-20.
- [4] Petrini M A, Rocha J V, Brown J C, et al. Using an analytic hierarchy process approach to prioritize public policies addressing family farming in Brazil[J]. Land Use Policy,2016(51):85-94.
- [5] 许山晶,尹晓青.我国农村秸秆资源利用的综合效应评价[J].重庆社会科学,2021(2):19-32.
- [6] Yavuz F, Baycan T. Use of swot and analytic hierarchy process integration as a participatory decision making tool in watershed management[J]. Procedia Technology,2013(8):134-143.
- [7] Oddershede A, Arias A, Cancino H. Rural development decision support using the analytic hierarchy process[J]. Mathematical and Computer Modelling,2007,46(7-8):1107-1114.
- [8] 郭小青,于晓娜,朱万斌,等.基于数据包络分析法的秸秆能源化利用的生态效率评价[J].中国农业大学学报,2021,26(3):1-9.
- [9] 李继志,邓丹妮,刘燕,等.农户秸秆资源化利用的行为逻辑及长效机制研究[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2024,25(3):43-49.
- [10] 师帅,周林庆.中国农业碳中和评价——以2010—2020年为例[J/OL].浙江农业学报,1-16[2024-06-12].

作者简介：卢欣永(1999-),男,壮族,中国广西南宁人,硕士,从事农村发展、资源经济与区域发展研究。

基金项目：仲恺农业工程学院研究生科技创新基金资助项目(项目编号:KJCX2024031)。