

任余艳,郑玉峰,张彦东,等.毛乌素沙地库伦生态经济圈可持续性评价[J].中国沙漠,2022,42(4):264-272.

毛乌素沙地库伦生态经济圈可持续性评价

任余艳¹, 郑玉峰², 张彦东³, 王海兵⁴, 王世强⁵, 何金军¹

(1.鄂尔多斯市林业和草原科学研究院, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 2.鄂尔多斯市气象局, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 3.鄂托克前旗林业和草原局, 内蒙古 鄂托克前旗 016200; 4.内蒙古农业大学 沙漠治理学院 内蒙古风沙物理与防沙治沙工程重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010011; 5.乌审旗林业和草原局, 内蒙古 乌审旗 017300)

摘要: 毛乌素沙地库伦生态经济圈最显著的特征是以户为单元,由点到面形成毛乌素沙地库伦生态经济圈集群模式。为探索其可持续性,依据库伦生态经济圈聚类特征进行分类,再对不同类型的库伦生态经济圈可持续性进行综合评价研究。结果表明:毛乌素沙地库伦生态经济圈存在林果种植加工模式、种养加链条模式、小规模种养模式、懒散经营模式;可持续性综合评价得分值最高的是种养加链条模式(81.6106),其次为林果种植加工模式(63.8506),较差的是小规模种养模式(46.5691)和懒散经营模式(24.8808),且后两种模式普遍存在于毛乌素沙地,说明毛乌素沙地上库伦生态系统整体可持续水平较低,需以现有的资源为基础,改善经营技术手段和决策方式,优化库伦生态经济圈运营模式,提高生态生产效率,增强系统物质循环与能量转化功能,使各种库伦生态经济圈朝着永续利用方向发展,进而整体推进毛乌素沙地的可持续性。

关键词: 可持续; 库伦生态经济圈; 毛乌素沙地

文章编号: 1000-694X(2022)04-264-09

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2022.00105

中图分类号: F062.2

文献标志码: A

0 引言

毛乌素沙地位于鄂尔多斯高原东南部,面积3.21万km²,由于气候变迁和人为活动干扰,区域荒漠化严重^[1],当地居民深受风沙危害。为改变生存环境,从20世纪60年代开始,农牧民采取封沙、封滩育草、兴建草场等措施,治理流沙、扩大草场面积,逐步改善生产生活条件。库伦(蒙古族语,hurea或khurer)一词由此出现,指庭院、院落和围栏等,草库伦指围栏包围的草场,面积可大可小。在毛乌素沙地,根据斑块状荒漠化分布特征和农牧户分散居住的特点,以户为基本单元,农牧民围绕住所,在外围封禁沙地,植树造林(以沙柳、旱柳为主)防风固沙,在圈内水分条件较好的滩地(或丘间地)种植粮食、蔬菜及饲草料,饲养一定数量的羊、牛等牲畜,形成生物圈即(草)库伦。后来逐步发展,建立了农庄、果园、牧场、养殖场、饲料加工厂等,形成了以水、草、林、料、机相配套的库伦,我们称之为库伦生

态经济圈(图1)。



图1 库伦生态经济圈模式

Fig.1 Kulun eco-economic circle model with household as unit

这是一种自发的通过保护环境来改善生活质量的荒漠化防治模式。毛乌素沙地优越的水、土、光、热资源为库伦生态经济圈的形提供了有利的条件^[2-4],也促使其成为毛乌素沙地农村牧区最基本、最普遍的生产生活方式。

收稿日期:2022-05-13; 改回日期:2022-07-07

资助项目:内蒙古自治区科技重大专项(2019ZD007);“科技兴蒙”行动重点专项(KJXM-EEDS-2020006)

作者简介:任余艳(1979—),女,内蒙古赤峰人,硕士,正高级工程师,主要从事林业治沙、生态保护方面工作。E-mail: 64406886@qq.com

通信作者:郑玉峰(E-mail: 294789383@qq.com)

长久以来,农牧民生产、生活中形成的库伦生态经济圈对区域环境改善起到了较好的促进作用,但随着经济社会的发展,很大一部分自然形成的库伦生态经济圈出现了永续利用方面的问题,缺乏理论指导和技术支撑,单一追求经济效益,导致资源利用不合理、掠夺式开发等现象,造成环境资源过度消耗利用与持续发展之间的矛盾,致使原本改善的区域环境面临生态系统稳定性被破坏的危险。作为中国四大沙地之一,毛乌素沙地库伦生态经济圈的良性发展关系着区域的可持续性,《2030年可持续发展议程》将保护与发展列为优先解决的目标,因此,开展沙地库伦生态经济圈可持续性研究,寻求生态保护与资源开发利用之间的平衡点,构建“沙水林田草畜”良性循环的生态经济圈,对促进区域生态经济可持续发展具有重要的意义。

1 研究区概况

本文以地处毛乌素沙地的乌审旗、鄂托克旗、鄂托克前旗为研究区域,该区域库伦生态经济圈在毛乌素沙地具有一定的代表性。调查样本户主要分布在乌审召镇、图克镇、阿尔巴斯苏木、昂素镇、敖勒召其镇、城川镇、上海庙镇(图2),调查区域是以蒙古族为主体、以畜牧业为基础、农业工业协调发展的少数民族聚居区。气候类型属于温带大陆性季风气候,其特征是冬季干燥寒冷,春季风大沙多,夏季降水较多,年均降水量东部400—440 mm,西部250—320 mm,地下水较丰富,丘间地一般埋深1—3 m^[5]。梁滩相间、沙丘与甸子结合构成毛乌素

沙地独有的地貌景观,相应的本区形成三大植被类型群:梁地上的草原与灌丛植被,固定、半固定沙地上的沙生灌丛,滩地上的草甸、盐生和沼泽植被,与其对应的土壤类型是梁地上的栗钙土,沙地上的风沙土,以及滩地上的草甸土、盐碱土。不同于其他沙地的立地条件和气候条件是毛乌素沙地上形成库伦生态经济圈的基础。

2 研究方法

2.1 库伦生态经济圈可持续评估框架、指标

库伦生态经济圈是一个复合的生态经济系统,构成这一系统的主要要素既有林沙草水等资源的开发利用,也有生态效益、经济效益、社会效益协调统一。各要素作为单独系统存在,又由多个子系统组成,在整体系统中发挥其特定的功能,缺一不可。从生态经济学考虑,一个可持续的库伦生态经济圈应具有物质循环和能量转换功能,能值产出多少、生态环境是否改善、农牧民经济收入是否提高,决定整个系统是否处于良性循环和动态平衡中。根据研究区域调研分析,毛乌素沙地库伦生态经济圈可持续性评价指标体系分为目标层、功能层和指标层,框架体系及指标详见表1。

2.2 研究方法

对毛乌素沙地分布的以户为单元的库伦生态经济圈进行随机抽样调查,针对调查的有效样本户采用统计学进行聚类分析,再从每类中选取典型库伦进行地面植被调查,计算库伦内植被群落的重要值、丰富度、多样性等,结合入户调查数据,采用评价结果更具稳定性的层次分析法(AHP)^[6-8]对各类结构库伦生态经济圈可持续性进行综合评价。

2.3 数据来源

以户为基本单元,根据库伦生态经济圈内土地利用结构,对不同利用结构圈内测定植被种类、数量、高度、盖度,乔灌木随机样方15 m×15 m,草本随机样方1 m×1 m,3个重复。依据测定指标计算重要值、多样性指数、均匀度指数、丰富度指数。

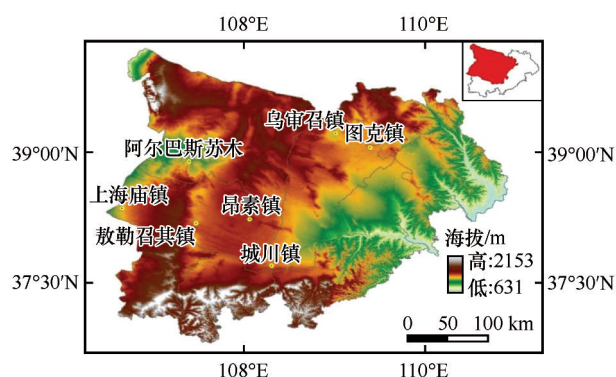


图2 毛乌素沙地库伦生态经济圈样本户分布

Fig.2 Distribution of sample households in the kulun eco-economic circle in Mu Us Sandy Land

$$\text{重要值} = \frac{\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对高度}}{4} \times 100\%$$

表 1 沙地库伦生态经济圈可持续性评价指标框架体系
Table 1 The sustainable evaluation index system of the kulun eco-economic circle

目标层	代码	功能层	代码	序号	指标层	代码
库伦生态经济圈可持续性	<i>M</i>	生态效益	<i>A</i>	1	优势种重要值	<i>A</i> ₁
				2	Shannon-Wiener 多样性指数	<i>A</i> ₂
				3	Simpson 多样性指数	<i>A</i> ₃
				4	Pielou 均匀度指数	<i>A</i> ₄
				5	Alatalo 均匀度指数	<i>A</i> ₅
				6	Margalef 丰富度指数	<i>A</i> ₆
				7	Patrick 丰富度指数	<i>A</i> ₇
	<i>M</i>	经济效益	<i>B</i>	8	农业收入	<i>B</i> ₁
				9	林业收入	<i>B</i> ₂
				10	牧业收入	<i>B</i> ₃
				11	工资及补贴性收入	<i>B</i> ₄
				12	投入产出比值	<i>B</i> ₅
	<i>M</i>	社会效益	<i>C</i>	13	对禁牧政策的认可度	<i>C</i> ₁
				14	对生态补偿政策的满意度	<i>C</i> ₂
				15	对经济发展与环境保护的认识度	<i>C</i> ₃
	<i>M</i>	环境资源	<i>D</i>	16	库伦面积	<i>D</i> ₁
				17	林地面积	<i>D</i> ₂
				18	草地面积	<i>D</i> ₃
				19	耕地面积	<i>D</i> ₄
				20	单位面积牛养殖数	<i>D</i> ₅
				21	单位面积羊养殖数	<i>D</i> ₆
				22	单位面积其他牲畜养殖数	<i>D</i> ₇
				23	单位生态面积耗水量	<i>D</i> ₈
				24	单位面积生产生活耗水量	<i>D</i> ₉

Shannon-Wiener 多样性指数 $H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$

Simpson 多样性指数 $D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$

Pielou 均匀度指数 $J_p = \frac{\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i}{\ln S}$

Alatalo 均匀度指数 $E_a = \frac{\left(\sum_{i=1}^S P_i^2\right)^{-1} - 1}{\exp\left(-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i\right) - 1}$

Margalef 丰富度指数 $M_a = \frac{S - 1}{\ln N}$

Patrick 丰富度指数 $P_a = S$

式中：*S*为群落中总种数；*N*为所有物种个体总数；*P_i*

为属于种*i*的个体在全部个体中的比例^[9]。

以库伦生态经济圈为基本单元,以问卷调查的方式随机抽样入户调查,调查内容涵盖库伦的土地利用结构、种养殖结构、收入消费结构、用水结构 4 个方面,选取有效样本户 500 户。

土地利用结构:库伦面积、林地面积、经济林面积、草地面积、灌溉草地面积、农田面积、农田种植面积。

种养殖结构:牛、羊及其他牲畜养殖数。

收入消费结构:林业收入、农业收入、牧业收入、其他收入(补贴、打工等收入)、年消费。

用水结构:林地灌溉量、草地灌溉量、农田灌溉量、生态用水量、生产生活用水量。

3 结果与分析

3.1 库伦生态经济圈结构聚类分析

表 2 为 500 个有效样本户库伦生态经济圈进行标准化处理后的聚类分析结果,依据 21 个变量指标数据经过迭代最终将 500 个样本户库伦生态经济圈分为 4 类,并对分类结果的合理性进行了方差检验。结果显示,分类后各变量在不同类别之间的差异都是显著的,表明把涵盖 3 个旗 7 个乡镇苏木的样本户库伦生态经济圈分成 4 类是合理的。

从聚类结果来看,各类库伦生态经济圈结构特征不同。第 1 类显著特征是以经济林经营及林果产

品加工为主,土地利用结构简单,库伦面积较小,与利用结构相呼应的用水结构以生态经济林用水为主,收入主要来源于林产品,归结为林果种植加工模式。第 2 类显著特征是规模最大,收益高,农林牧结构齐全,经济林占有一定的比例,用水结构较为均衡,养殖结构以牛羊为主,收入主要来源于林下经济和畜产品,其次是农产品,归结为种养加链条模式。第 3 类显著特征是以草地利用和耕地利用为主体,规模适中,养殖类型复杂,除了牛羊外,猪、马、骡及家禽等都有涉及,收入主要来源于畜产品和农产品,归结为小规模种养模式。第 4 类显著特征是对土地利用十分不充分,荒于经营管理,收入主要来源于各种补贴或外出打工收入,归结为懒散经营模式。

表 2 样本户库伦分成 4 类的最终聚类核
Table 2 Final Cluster Centers of the kulun ecological economic circle

库伦结构		分类				P
		1	2	3	4	
土地利用结构	库伦面积	-0.306	1.138	0.246	-0.261	0.000
	林地面积	1.531	6.699	0.085	-0.130	0.000
	经济林面积	19.834	3.359	-0.059	-0.054	0.000
	草地面积	-0.423	0.575	0.239	-0.251	0.000
	灌溉草地面积	-0.258	-0.258	0.249	-0.258	0.000
	农田面积	-0.919	3.854	0.158	-0.180	0.000
	农田种植面积	-1.016	2.006	0.417	-0.440	0.000
种养殖结构	羊数量	-1.078	2.568	0.665	-0.702	0.000
	牛数量	-0.598	5.250	0.413	-0.455	0.000
	其他牲畜数量	-0.550	-0.550	0.423	-0.437	0.000
用水结构	林地灌溉量	0.731	20.191	-0.045	-0.057	0.000
	草地灌溉量	-0.247	-0.247	0.238	-0.247	0.000
	农田灌溉量	-1.229	2.844	0.546	-0.579	0.000
	生态用水量	0.531	19.963	0.042	-0.146	0.000
	生产生活用水量	-1.153	3.084	0.701	-0.743	0.000
收入消费结构	林业收入	8.728	16.472	0.023	-0.151	0.000
	农业收入	-0.687	0.362	0.283	-0.294	0.000
	牧业收入	-0.857	6.728	0.600	-0.657	0.000
	其他收入	-0.702	1.820	-0.310	0.318	0.000
	户库伦消费	2.331	6.951	0.504	-0.573	0.000
	户库伦净收入	-0.068	9.257	0.468	-0.535	0.000

在各类生态经济圈结构中,数量最少的是第 1 类和第 2 类(0.4%和 0.6%),占比最大的是第 3 类(52.8%),第 4 类次之(46.2%,图 3),说明毛乌素沙

地林果种植加工模式和种养加链条模式占少数。因为林产种植加工模式资金投入和科技投入较大,在保证生态效益优先的前提下,经济效益显现缓

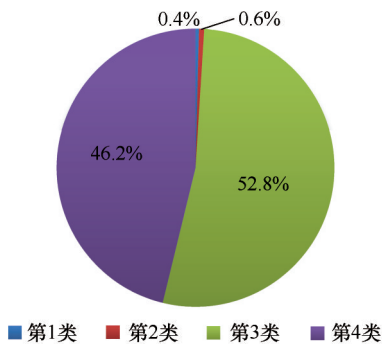


图 3 4类库伦生态经济圈数量百分比

Fig.3 Quantity percentage of various types of Coulomb eco-economy

慢,农牧户个体经营难以持续,以合作社/个企为主;种养加模式规模较大,链条较为完整,农牧户思想觉悟较高,在生产经营中生态防护措施到位,其中也凝聚了劳动者的智慧,生态经济效益显著,这两类库伦生态经济圈都有可持续发展理念隐含在其中,但目前区域社会发展,可持续发展理念还未深入到全民心中,所以这两类库伦生态经济圈数量很少。在毛乌素沙地,大部分还是以饲草及农作物种植+牲畜养殖类型的库伦生态经济圈最为普遍,这一类户库伦更多的是追求经济效益,在库伦经营中

表 4 沙地库伦生态经济圈可持续评价生态效益判断矩阵

Table 4 Judgment matrix of ecological benefit for sustainable evaluation of kulun eco-economic circle

A 功能层(生态效益)	A ₁ 优势种重要值	A ₂ Shannon-Wiener 多样性指数	A ₃ Simpson 多样性指数	A ₄ Pielou 均匀度指数	A ₅ Alatalo 均匀度指数	A ₆ Margalef 丰富度指数	A ₇ Patrick 丰富度指数	特征向量
A ₁ 优势种重要值	1	1	2	2	2	2	2	0.2222
A ₂ Shannon-Wiener 多样性指数	1	1	2	2	2	2	2	0.2222
A ₃ Simpson 多样性指数	1/2	1/2	1	1	1	1	1	0.1111
A ₄ Pielou 均匀度指数	1/2	1/2	1	1	1	1	1	0.1111
A ₅ Alatalo 均匀度指数	1/2	1/2	1	1	1	1	1	0.1111
A ₆ Margalef 丰富度指数	1/2	1/2	1	1	1	1	1	0.1111
A ₇ Patrick 丰富度指数	1/2	1/2	1	1	1	1	1	0.1111

$\lambda_{\max}=7.000, CI=0.000, CR=0.000。$

各功能层指标相对于总指标进行一致性检验:
 $CI_{\text{总}}=0.4231\times 0.000+0.2274\times 0.004+0.1222\times 0.000+0.2274\times 0.035=0.00879656$
 $RI_{\text{总}}=0.4231\times 1.32+0.2274\times 1.12+0.1222\times 0.58+0.2274\times 1.45=1.21369298$
 $CR_{\text{总}}=0.00879656/1.21369298=0.00724766<0.1,$ 认为一致性检验是可以接受的,各个层次指标权重计算结果如表 8。

3.2.2 指标标准化与同向化处理

因指标间差异较大,为使综合评价结果更具科

学性,首先对各类指标实际值进行标准化和同向化处理,再根据各指标权重进行计算其得分值。

3.2 库伦生态经济圈可持续性分析

3.2.1 指标权重确定

根据可持续性综合评价框架体系,设定生态效益、经济效益、社会效益和环境资源 4 个功能模块,选取具有代表性的指标 24 个,采用专家咨询和最大特征根相结合的方法确定各层次指标的权重(表 3—7)。

表 3 沙地库伦生态经济圈可持续评价目标层判断矩阵

Table 3 Judgment matrix of target level for sustainable evaluation of kulun eco-economic circle

M 目标层 (可持续性)	A 生态 效益	B 经济 效益	C 社会 效益	D 环境 资源	特征 向量
A 生态效益	1	2	3	2	0.4231
B 经济效益	1/2	1	2	1	0.2274
C 社会效益	1/3	1/2	1	1/2	0.1222
D 环境资源	1/2	1	2	1	0.2274

$\lambda_{\max}=4.010, CI=0.003, CR=0.004。$

学性,首先对各类指标实际值进行标准化和同向化处理,再根据各指标权重进行计算其得分值。

正向指标: $n_{ij}=\frac{o_{ij}-\min(o_j)}{\max(o_j)-\min(o_j)}$

逆向指标: $n_{ij}=\frac{\max(o_j)-o_{ij}}{\max(o_j)-\min(o_j)}$

式中: n_{ij} 为指标标准化值; O_{ij} 为指标实际值; $\min(o_j)$ 为指标实际值最小值; $\max(o_j)$ 为指标实际值最

表 5 沙地库伦生态经济圈可持续评价经济效益判断矩阵

Table 5 Judgment matrix of economic benefits for sustainable evaluation of kulun eco-economic circle						
B 功能层(经济效益)	B ₁ 农业收入	B ₂ 林业收入	B ₃ 牧业收入	B ₄ 工资及补贴性收入	B ₅ 投入产出比	特征向量
B ₁ 农业收入	1	1	1	5	1/2	0.1970
B ₂ 林业收入	1	1	1	5	1/2	0.1970
B ₃ 牧业收入	1	1	1	5	1/2	0.1970
B ₄ 工资及补贴性收入	1/5	1/5	1/5	1	1/7	0.0423
B ₅ 投入产出比	2	2	2	7	1	0.3668

$\lambda_{\max}=5.015, CI=0.004, CR=0.003。$

表 6 沙地库伦生态经济圈可持续评价社会效益判断矩阵

Table 6 Judgment matrix of social benefit for sustainable evaluation of kulun eco-economic circle				
C 功能层(社会效益)	C ₁ 对禁牧政策的认可度	C ₂ 对生态补偿政策的满意度	C ₃ 对经济发展与环境保护的认识度	特征向量
C ₁ 对禁牧政策的认可度	1	1	1/2	0.2500
C ₂ 对生态补偿政策的满意度	1	1	1/2	0.2500
C ₃ 对经济发展与环境保护的认识度	2	2	1	0.5000

$\lambda_{\max}=3.000, CI=0.000, CR=0.000。$

表 7 沙地库伦生态经济圈可持续评价环境资源判断矩阵

Table 7 Judgment matrix of environmental resources for sustainable evaluation of kulun eco-economic circle										
D 功能层(环境资源)	D ₁ 库伦面积	D ₂ 林业面积	D ₃ 草地面积	D ₄ 耕地面积	D ₅ 单位面积牛养殖数	D ₆ 单位面积羊养殖数	D ₇ 单位面积其他牲畜养殖数	D ₈ 单位面积生态耗水量	D ₉ 单位面积生产活耗水量	特征向量
D ₁ 库伦面积	1	1	1	1	1/3	1/3	1/2	1/4	1/3	0.0527
D ₂ 林业面积	1	1	1	1	1/3	1/3	1/2	1/4	1/3	0.0527
D ₃ 草地面积	1	1	1	1	1/3	1/3	1/2	1/4	1/3	0.0527
D ₄ 耕地面积	1	1	1	1	1/3	1/3	1/2	1/4	1/3	0.0527
D ₅ 单位面积牛养殖数	3	3	3	3	1	1	2	1	1/2	0.1559
D ₆ 单位面积羊养殖数	3	3	3	3	1	1	2	1	1/2	0.1559
D ₇ 单位面积其他牲畜养殖数	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1/2	0.1034
D ₈ 单位面积生态耗水量	4	4	4	4	1	1	1	1	3	0.2002
D ₉ 单位面积生产活耗水量	3	3	3	3	2	2	2	1/3	1	0.1739

$\lambda_{\max}=9.279, CI=0.035, CR=0.024。$

大值。

3.2.3 库伦生态经济圈可持续性评价

表 9 为各类库伦生态经济圈可持续性评价得分值。从功能模块来看,各类库伦生态经济圈结构中,生态效益第 1 类>第 2 类>第 3 类>第 4 类,但第 1 类库伦生态经济圈和第 2 类库伦生态经济圈的差异不大;经济效益第 2 类>第 3 类>第 4 类>第 1 类;社会效益第 1 类>第 2 类>第 3 类>第 4 类;环境资源第 3 类>第 2 类>第 4 类>第 1 类。从综合评价来看,各个类

型库伦生态圈中综合得分第 2 类>第 1 类>第 3 类>第 4 类,第 2 类库伦生态经济圈具有良好的生态、经济、社会效益,环境资源利用较为充分合理,在建设、保护、利用三者关系中探寻平衡点,使林田草沙资源有效融合,向健康可持续方向发展,但也存在不足,生态耗水量大,说明林、草、田经营种类和措施还存在调整的空间,努力探寻其合理的经营配置模式,更好地实现物质循环与能量转换是第 2 类库伦生态经济圈的改进基点;第 1 类库伦生态圈生态效益最

表 8 沙地库伦生态经济圈可持续评价指标权重
Table 8 Sustainable evaluation index weight of sand
Coulomb eco-economic circle

目标层	功能层	权重	序号	指标层	权重
<i>M</i>	<i>A</i>	42.31	1	<i>A</i> ₁	9.40
			2	<i>A</i> ₂	9.40
			3	<i>A</i> ₃	4.70
			4	<i>A</i> ₄	4.70
			5	<i>A</i> ₅	4.70
			6	<i>A</i> ₆	4.70
			7	<i>A</i> ₇	4.70
	<i>B</i>	22.74	8	<i>B</i> ₁	4.48
			9	<i>B</i> ₂	4.48
			10	<i>B</i> ₃	4.48
			11	<i>B</i> ₄	0.96
			12	<i>B</i> ₅	8.15
	<i>C</i>	12.22	13	<i>C</i> ₁	3.05
			14	<i>C</i> ₂	3.05
			15	<i>C</i> ₃	6.11
	<i>D</i>	22.73	16	<i>D</i> ₁	1.20
			17	<i>D</i> ₂	1.20
			18	<i>D</i> ₃	1.20
			19	<i>D</i> ₄	1.20
			20	<i>D</i> ₅	3.55
			21	<i>D</i> ₆	3.55
			22	<i>D</i> ₇	2.35
			23	<i>D</i> ₈	4.55
			24	<i>D</i> ₉	3.95

好,经济效益较低,但其可持续发展潜力较大,原因是这类库伦生态经济圈起步较晚,建设之初就贯彻坚持生态优先、绿色发展、生态效益与经济效益相统一的原则。之所以现状评价经济效益低,主要受三方面制约,一是受林木生长发育规律和产果规律之限,这类库伦生态经济圈投资期长、见效缓慢;二是原料供应不足,产品少,成本高;三是市场开拓受限。找准切入点,随着时间的积累和经营措施的改善与创新,此类库伦生态经济圈的可持续发展潜力具有很大的空间。第3类库伦生态经济圈普遍存在于毛乌素沙地,可持续性较差,利用自家的草地和耕地产出物小规模饲养一些牲畜,单纯为追求经济收入而导致库伦内土地利用结构不合理,难以进行

物质循环和能量转换,反而制约了经济效益的获取。第4类库伦生态经济圈在评价中是最差的一类,可持续性最低,原因是资源利用极其不充分,结构不合理,且在利用中不善经营管理,经济效益低下,有一半的收入靠政策补贴或打工收入,基本没有考虑永续利用的问题。

4 结论

毛乌素沙地的库伦生态经济圈以户为基本单元,依据聚类特征,存在林果种植加工模式、种养加链条模式、小规模种养模式、懒散经营模式。

依据各类库伦生态经济圈现状可持续性综合评价结果,第1类综合得分为63.8506,第2类81.6106,第3类46.5691,第4类24.8808,可持续性由强到弱依次为种养加链条模式、林果种植加工模式、小规模种养模式、懒散经营模式。

第1类、第2类库伦生态经济圈模式占比很小(0.4%、0.6%),可持续性综合得分值较高,第3类、第4类库伦生态经济圈占比很大(52.8%、46.2%),可持续性却处于中低等水平,说明在毛乌素沙地以户为单元的库伦生态经济圈可持续性水平整体偏低,需优化库伦生态经济圈运营模式,提高生态生产效率,增强可持续性。

各类模式存在的问题和优化提升空间是:林果种植加工模式投资期长,见效缓慢,原料供应不足,产品少、成本高,导致市场销售受限,需扩充原料来源渠道,降低成本投入,开拓市场销售渠道;种养加链条模式生态耗水量大,通过调整经营技术手段、改良核心区土壤,增强蓄水保墒能力等措施来降低水分大量消耗问题。小规模种养模式和懒散经营模式,资源利用结构不充分、不合理,生态保护意识欠缺,需调整土地利用结构、改变经营决策方式、平衡水草畜、提高资源利用率与产出率,增强物质循环与能量转换功能。

5 讨论

可持续性为农、林、牧等各领域建设发展的前提和所遵循的原则^[10-13],也是经济社会发展所追寻的最终目标。毛乌素沙地上以户为基本单元的库伦生态经济圈实际上是一个小尺度的以林草沙等资源为基础、高度人为调节的生态经济社会系统,现存的库伦生态经济圈是否能够充分地吸收、利用和转化输入的物质能量,是否能使生态环境越来越

表 9 库伦生态经济圈可持续性评价得分值

Table 9 The score value of the sustainability evaluation of the kulun eco-economic circle

指标	权重	各类库伦指标实际值				各类库伦指标标准化值				各类库伦指标得分值			
		第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类	第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类	第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类
A	42.31									42.315	35.068	12.042	0.235
A ₁	9.40	5.00	5.00	2.00	1.00	1.000	1.000	0.250	0.000	9.403	9.403	2.351	0.000
A ₂	9.40	3.02	2.65	1.24	1.07	1.000	0.812	0.083	0.000	9.403	7.639	0.782	0.000
A ₃	4.70	0.94	0.92	0.68	0.57	1.000	0.925	0.285	0.000	4.702	4.350	1.341	0.000
A ₄	4.70	0.96	0.92	0.89	0.77	1.000	0.763	0.620	0.000	4.702	3.587	2.917	0.000
A ₅	4.70	0.87	0.83	0.86	0.69	1.000	0.779	0.989	0.000	4.702	3.660	4.651	0.000
A ₆	4.70	1.88	1.25	0.18	0.26	1.000	0.630	0.000	0.050	4.702	2.964	0.000	0.235
A ₇	4.70	23.00	18.00	4.00	4.00	1.000	0.737	0.000	0.000	4.702	3.464	0.000	0.000
B	22.74									2.399	22.735	8.963	4.137
B ₁	4.48	0.00	6.00	5.00	2.00	0.000	1.000	0.833	0.333	0.000	4.478	3.732	1.493
B ₂	4.48	30.00	56.00	1.00	0.00	0.536	1.000	0.018	0.000	2.399	4.478	0.080	0.000
B ₃	4.48	0.00	122.00	23.00	4.00	0.000	1.000	0.189	0.033	0.000	4.478	0.844	0.147
B ₄	0.96	0.00	14.00	2.00	6.00	0.000	1.000	0.143	0.429	0.000	0.962	0.137	0.412
B ₅	8.15	2.00	6.00	4.00	3.00	0.000	1.000	0.500	0.250	0.000	8.339	4.170	2.085
C	12.22									12.215	12.215	11.818	9.894
C ₁	3.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	3.054	3.054	3.054	3.054
C ₂	3.05	1.00	1.00	0.97	0.92	1.000	1.000	0.970	0.920	3.054	3.054	2.962	2.809
C ₃	6.11	1.00	1.00	0.95	0.66	1.000	1.000	0.950	0.660	6.108	6.108	5.802	4.031
D	22.73									6.922	11.592	13.746	10.615
D ₁	1.20	67.00	760.00	333.00	93.00	0.000	1.000	0.384	0.038	0.000	1.197	0.460	0.045
D ₂	1.20	66.00	263.00	10.00	3.00	0.242	1.000	0.027	0.000	0.290	1.197	0.032	0.000
D ₃	1.20	0.00	476.00	319.00	86.00	0.000	1.000	0.670	0.181	0.000	1.197	0.802	0.216
D ₄	1.20	0.00	8.00	4.00	3.00	0.000	1.000	0.500	0.375	0.000	1.197	0.599	0.449
D ₅	3.55	0.00	0.16	0.06	0.04	0.000	1.000	0.397	0.236	0.000	3.545	1.406	0.838
D ₆	3.55	0.00	0.95	1.04	0.89	0.000	0.910	1.000	0.851	0.000	3.225	3.545	3.015
D ₇	2.35	0.00	0.00	0.06	0.03	0.000	0.000	1.000	0.450	0.000	0.000	2.350	1.056
D ₈	4.55	895.52	2 083.82	64.21	82.95	0.588	0.000	1.000	0.991	2.678	0.000	4.552	4.510
D ₉	3.95	0.18	11.28	11.37	10.00	1.000	0.008	0.000	0.123	3.953	0.033	0.000	0.486
综合得分值										63.8506	81.6106	46.5691	24.8808

好,是否能获得较高的收入,是衡量一个库伦生态系统健康持续发展的标准。对库伦生态经济圈可持续性评价是指导其健康持续发展的重要依据。

不同库伦生态经济圈可持续发展潜力存在明显差异,可持续性最大的是种养加链条模式,其次是林果种植加工模式,小规模种养模式和懒散经营模式可持续性较差。刘茜雅等^[14]从能值的角度分析毛乌素沙地库伦生态经济圈的结构与效益特征,得出畜牧型与林牧型能值产出率较高,可持续发展力较强,与本文的种养加链条模式可持续性最大相吻合。资源利用方式与生产经营决策差异是导致各类库伦生态经济圈可持续利用发展潜力差异的重要原因。应挖掘各类库伦生态经济圈的短板,以现有的资源为基础,从生产经营管理入手,改善经营技术手段和决策方式,优化库伦生态经济圈经营模式^[15],增强系统物质循环与能量转化功能,提高生态生产效率,使各种库伦生态经济圈永续利用方向发展,进而整体推进毛乌素沙地区域生态经济的可持续性。

参考文献:

- [1] 马世威, 马玉明, 姚洪林, 等. 沙漠学[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998: 350-352.
- [2] 刘铮瑶, 董治宝, 刘永林, 等. 毛乌素沙地产业发展条件[J]. 中国沙漠, 2018, 38(4): 881-888.
- [3] 乔碩, 王海兵, 左合君, 等. 毛乌素沙地绿洲化过程中生态服务价值及生态网络格局演变[J]. 中国沙漠, 2022, 42(3): 118-126.
- [4] 梁海荣, 王涛, 杨宇, 等. 毛乌素沙地与浑善达克沙地水分深层渗漏特征对比[J]. 中国沙漠, 2022, 42(2): 69-76.
- [5] 任余艳, 韩易良, 刘朝霞, 等. 毛乌素沙地立地类型划分与抗逆树种筛选[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(1): 135-140.
- [6] 邵晨欣. 安徽省畜牧业可持续发展研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [7] 张晓, 高海清, 郭东敏, 等. 层次分析法在陕北退耕还林可持续发展影响因子评价中的应用[J]. 水土保持通报, 2010, 30(5): 147-151.
- [8] 董燕红, 钟定胜, 卢小丽. 主成分与层次分析法在区域可持续发展能力评价中的应用对比[J]. 安全与环境学报, 2016, 16(1): 358-364.
- [9] 任余艳, 胡春元, 贺晓, 等. 毛乌素沙地巴图塔沙柳沙障对植被恢复作用的研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 13-15.
- [10] 张鹤. 鄂尔多斯市畜牧业可持续发展评价研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2010.
- [11] 史光华, 孙振钧, 高吉喜. 畜牧业可持续发展的综合评价[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 909-912.
- [12] 郭克贞, 李和平, 赵淑银. 水草畜生态经济系统可持续发展评价体系研究[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(3): 31-33.
- [13] 韩满都拉. 内蒙古高原温带草地畜牧业可持续发展评价[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(3): 190-194.
- [14] 刘茜雅, 王海兵, 左合君, 等. 基于能值分析的毛乌素沙地库伦生态经济圈结构与效益特征[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(3): 44-49.
- [15] 丁勇, 牛建明, 侯向阳, 等. 基于可持续发展评价的家庭牧场生产经营分异研究[J]. 草业科学, 2010, 27(11): 151-158.

Evaluation on development sustainability of kulun eco-economic circle in the Mu Us Sandy Land

Ren Yuyan¹, Zheng Yufeng², Zhang Yandong³, Wang Haibing⁴, Wang Shiqiang⁵, He Jinjun¹

(1. Ordos Forestry and Grassland Science Institute, Ordos 017000, Inner Mongolia, China; 2. Ordos Meteorological Bureau, Ordos 017000, Inner Mongolia, China; 3. Otog Front Banner Forestry and Grassland Bureau, Otog Front Banner 016200, Inner Mongolia, China; 4. Key Laboratory of Aeolian Sand Physics and Sand Control Engineering, College of Desert Control Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010011, China; 5. Uxin Banner Forestry and Grassland Bureau, Uxin Banner 017300, Inner Mongolia, China)

Abstract: The most remarkable feature of kulun eco-economic circle in Mu Us Sandy Land is that it takes households as units. Forming the cluster model of kulun eco-economic circle in Mu Us Sandy Land from point to surface. In order to explore its sustainability, it is classified according to the clustering characteristics of Coulomb eco-economic circle, and then the sustainability of different types of Coulomb eco-economic circle is comprehensively evaluated. The results show that there are forest and fruit planting and processing mode, planting and breeding plus chain mode, small-scale planting and breeding mode and lazy management mode in kulun eco-economic circle in Mu Us Sandy Land. The highest comprehensive score of the comprehensive evaluation of sustainability is the planting and breeding plus chain mode (81.6106), followed by the forest and fruit planting and processing mode (63.8506), and the worse are the small-scale planting and breeding mode (46.5691) and lazy management mode (24.8808). The latter two models generally exist in Mu Us Sandy Land, indicating that the overall sustainable level of kulun ecosystem is low. Based on the existing resources, it is necessary to improve the management technical means and decision-making methods, optimize the operation mode of kulun eco-economic circle, improve the ecological production efficiency, and enhance the material circulation and energy transformation function of the system, so as to make all kinds of kulun eco-economic circles develop in the direction of sustainable utilization and promote the sustainability of Mu Us Sandy Land as a whole.

Key words: sustainability; kulun eco-economic circle; Mu Us Sandy Land