

基于净初级生产力模型的福州市能源生态足迹和生态承载力研究

薛若吟 (闽江学院海洋学院, 福建福州 350108)

摘要 生态足迹是研究区域可持续状况的常用方法。分别采用传统生态足迹模型和加入净初级生产力改进的模型, 计算福州市 2011—2017 年化石能源地生态足迹, 并对 2 组结果进行了比较分析。同时, 采用净初级生产力改进模型计算福州市 2011—2017 年的化石能源地生态承载力和生态盈余。结果表明, 2011—2017 年, 传统模型计算的福州市人均化石能源地生态足迹由 1.281 hm² 减少到 0.978 hm², 净初级生产力模型计算的人均化石能源地生态足迹由 0.456 hm² 减少到 0.408 hm²。2 种模型的计算结果整体变化趋势较为一致, 但年变化速率和具体构成份额都存在差别。福州市 2011—2017 年的人均化石能源地生态承载力呈下降趋势, 从 2.873 hm² 减少到 2.681 hm²。在人均化石能源地生态承载力的构成中, 水域近海和林地占 85% 以上。福州市化石能源地的生态盈余在逐渐减少, 区域可持续状况不乐观。

关键词 生态足迹; 生态承载力; 化石能源地; 净初级生产力; 福州市

中图分类号 S 181 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)06-0064-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.06.018



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research on Fuzhou Energy Ecological Footprint and Ecological Carrying Capacity Based on Net Primary Productivity Model

XUE Ruo-han (Ocean College, Minjiang University, Fuzhou, Fujian 350108)

Abstract Ecological footprint was a common method to study regional sustainable development. By applying the traditional model and the net primary productivity(NPP-EEF) model, the ecological footprint of fossil energy land of Fuzhou City from 2011 to 2017 were calculated, and the results between the two models were compared and analyzed. At the same time, the NPP-EEF model was used to calculate the ecological carrying capacity and ecological surplus of fossil energy sources in Fuzhou City from 2011 to 2017. The results showed that, from 2011–2017, the ecological footprint of fossil energy land per capita decreased from 1.281 hm² to 0.978 hm² by the traditional model, while the ecological footprint of fossil energy land per capita decreased from 0.456 hm² to 0.408 hm² by NPP-EEF model. The results of the two models were consistent in the overall trend of change, but the annual rate of change and the proportion of composition were different. During 2011 to 2017, the ecological carrying capacity of fossil energy land decreased from 2.873 hm² to 2.681 hm². In the composition of the ecological carrying capacity of per capita fossil energy sources, the offshore waters and forest land account for more than 85%. The ecological surplus of fossil energy land of Fuzhou was gradually decreasing, and the regional sustainability is not optimistic.

Key words Ecological footprint; Ecological carrying capacity; Fossil energy land; Net primary productivity; Fuzhou City

由加拿大生态经济学家 William Rees 首先提出的生态足迹法^[1], 是已知常用于评价区域可持续状态的方法之一。在各国学者对生态足迹和生态承载力研究中, 化石能源地生态足迹和承载力是受到重视却又颇具争议的重要组成部分。化石能源地生态足迹和承载力计算方法, 能直接影响生态足迹计算结果的精确程度, 以及区域可持续发展评价结论是否准确有效。近年来, 应用生态足迹模型对单类土地进行的研究越来越多, 研究区域也从国家尺度向区域、省甚至单个城市等更小尺度发展。一些国内外学者选择区域综合碳吸收能力为着眼点, 用实际生物生产力取代潜在生物生产力表征碳吸收能力, 研究化石能源地生态足迹和承载力, 如 Venetoulis 等^[2]将净初级生产力(net primary productivity, NPP)加入和改进生态足迹模型, 计算各类型生态系统的碳吸收能力、各类土地的均衡因子, 并计算生态足迹。国内也涌现了一些基于 NPP 改进生态足迹及其参数的研究, 如王红旗等^[3]运用基于 NPP 的生态足迹法探讨了内蒙古的均衡因子、产量因子和生态足迹; 汤榕珺等^[4]评估了苏州市吴中区生态状况; 鲁凤等^[5]计算了江苏省生态足迹模型中的参数; 周宁^[6]从时空动态变化的角度研究重庆市的生态承载力等。

在已有研究基础上, 笔者从碳吸收角度入手, 运用基于

NPP 的改进生态足迹模型及生态承载力计算模型, 对福州市 2011—2017 年的化石能源地生态足迹(以下简称能源足迹)和化石能源地生态承载力(以下简称能源生态承载力)进行动态分析, 丰富和深化区域生态可持续状态的研究内容。

1 研究方法

1.1 基于传统模型的能源足迹计算方法 参考《国家生态足迹账户计算基本方法和框架(2011 版)》计算能源足迹, 所用的计算模型和所选取的各项相关参数都出自其中^[7-9]。计算公式如下:

$$EEF = N \times eef = \sum_{i=1}^n Q_i \times k_i / p_i \quad (1)$$

式中, EEF 为区域能源足迹; N 为区域总人口数; eef 为人均能源足迹; Q_i 为第 i 种能源消费量; n 为能源消费种类数; k_i 为第 i 种能源的折算系数; p_i 为第 i 种能源的全球平均足迹。

1.2 基于 NPP 模型的能源足迹计算方法

1.2.1 基本原理。 基于 NPP 模型认同传统模型 2 个基本假设, 即: 可以确定区域消耗的绝大多数能源及其产生的废弃物种类和数量; 这些能源消费量和废弃物产生量能被换算成生物生产性土地面积^[9-10]。由于各种类型的土地可以同时具有生产生物产品和碳吸收等多种功能, 基于 NPP 模型计算区域碳吸收总量时注意到了这一点, 因此, 采用区域各类型生物生产性土地面积和对应的各类生态系统的 NPP 计算碳吸收总量^[9-10], 然后算出经过土地利用变化调整的区域 NPP, 进而算出区域能源足迹, 它可以解释为吸收能源消耗产生 CO₂ 的土地面积。

基金项目 福建省中青年教育科研项目资助(JAT170465)。
作者简介 薛若吟(1978—), 女, 福建福州人, 讲师, 硕士, 从事生态环境方面研究。
收稿日期 2019-07-24

1.2.2 计算方法。将研究区域内各类生物生产性土地面积、对应类型生态系统的 NPP 以及各类土地总面积计算后得到区域 NPP。计算公式为:

$$\overline{\text{NPP}} = \frac{\sum_{j=1}^m A_j \times \text{NPP}_j}{\sum_{j=1}^m A_j} \quad (2)$$

式中, $\overline{\text{NPP}}$ 为区域平均净初级生产力; NPP_j 为第 j 类生物生产性土地生态系统的净初级生产力; A_j 为第 j 类生物生产性土地面积; m 为生物生产性土地类型数。该研究采用区域各类生物生产性土地生态系统 NPP 的全球平均值(表 1)进行计算,以便于国际对比。

表 1 各类生物生产性土地的全球平均净初级生产力和均衡因子^[2]
Table 1 Global average of net primary productivity and equivalence factor of each type of ecological productive land

土地类型 Type of land	净初级生产力 Net primary productivity tC/(hm ² ·a)	生态生产面积 Ecological productive area//10 ⁸ hm ²	均衡因子 Equilibrium factor
耕地 Arable land	4.243	14.8	2.121
林地 Forest land	6.583	36.1	3.292
草地 Grazing land	4.835	29.8	2.418
建设用地 Built-up land	0.997	2.0	0.498
水域和近海 Waters and offshore	5.344	21.3	2.672
低生产力地 Low productivity land	2.080	66.1	1.040
远海 High seas	0.959	343.6	0.480

注:低生产力地指除上述土地类型外的陆地面积;近海指大陆架渔场面积;远海指除近海外的区域所属海域
Note:Low productivity refers to the land area except the above land types; offshore refers to the continental shelf fishery area; the high sea refers to the sea area except the overseas area

能源消费量经过燃烧热值系数和碳排放系数折算成区域碳排放量,对比区域 NPP 值,得出区域能源足迹^[2,7,9-11]。计算公式为:

$$\text{EEF} = \frac{\sum_i^n Q_i \times \text{cv}_i \times \text{ce}_i}{\text{NPP}} \quad (3)$$

式中, cv_i 为燃烧热值系数; ce_i 为碳排放系数。

1.3 基于 NPP 的能源生态承载力计算模型

1.3.1 基本原理。基于 NPP 的能源生态承载力计算和传统模型一样是基于碳吸收转化思想,增加了碳吸收的土地类型,计算区域所能提供的用于碳吸收的土地面积上限^[12-13]。由于土地碳吸收功能往往会随着土地类型的不同、区域或者时间变化而变化。因此,在生态承载力计算模型中加入了表征土地碳吸收能力时空差异特征的 NPP,用于将能源生态承载力计算结果调整为具有全球平均 NPP 便于在区域间横向比较的土地面积。

1.3.2 均衡因子和能源转换因子计算。用公式(2)将全球各类型生物生产性土地面积数据和对应的各类生态系统的全球平均 NPP(表 1)代入,可求得全球 NPP,然后分别用各类土地生态系统的全球平均 NPP 与全球 NPP 算出该类土地的均衡因子 r_j ^[12-13],数值如表 1 所示。计算公式为:

$$r_j = \frac{\text{NPP}_{j,\text{glo}}}{\text{NPP}_{\text{glo}}} \quad (4)$$

式中, r_j 为第 j 类生物生产性土地均衡因子; $\text{NPP}_{j,\text{glo}}$ 为第 j 类生物生产性土地全球平均净初级生产力; NPP_{glo} 为全球净初级生产力。

能源转换因子 cf_{fel} 的计算公式如下^[12-13]:

$$\text{cf}_{\text{fel}} = \frac{\overline{\text{NPP}}}{\text{NPP}_{\text{glo}}} \quad (5)$$

1.3.3 能源生态承载力计算公式。各类生物生产性土地面积经过均衡因子以及能源转换因子换算成具有全球平均 NPP 的土地面积^[12-13],具体计算公式为:

$$\text{ECC}_{\text{fel}} = N \times \text{ecc}_{\text{fel}} = \text{cf}_{\text{fel}} \times \sum_{i=1}^m A_j \times r_j \quad (6)$$

式中, ECC_{fel} 为能源生态承载力; ecc_{fel} 为人均能源生态承载力。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区域概况 福州市为福建省省会,位于福建省东部沿海,共有 6 个市辖区、1 个县级市、6 个县,全市总面积 12 251 km²,海岸线长 1 137 km。2017 年常住人口 766 万(含平潭)。福州市是我国(福建)自由贸易试验区三片区之一,是“海上丝绸之路”的永久会址,经济增速快,2017 年实现地区生产总值 7 086 亿元^[14]。

2.2 研究数据来源 计算福州市能源足迹所选取的能源消费类型包括原煤、焦炭、原油、汽油、柴油、煤油、燃料油、液化石油气、电力和天然气共 10 项(新能源占比低,统计资料不甚完备,故不在统计范围内),原始消费数据来自《福州统计年鉴》^[14]。计算能源生态承载力所涉及的福州市各类生物生产性土地类型包括耕地、林地、草地、建设用地、近海和水域、远海和低生产力地,基础数据来自《第二次全国土地调查主要数据成果公报》的数据成果^[15]和《福州统计年鉴》^[14]。

3 数据计算与分析

3.1 能源足迹 将数据代入公式(1),采用传统模型计算福州市 2011—2017 年人均能源足迹,结果见表 2。将数据代入公式(2)、(3),采用基于 NPP 模型计算福州市 2011—2017 年人均能源足迹,结果见表 3。基于 2 种模型计算的人均能源足迹结构分析见图 1 和图 2。

由表 2 可知,传统模型计算的福州市 2011—2017 年人均能源足迹数值虽在 2013 年和 2017 年都比之前一年有所上升,但 7 年内总体下降,从 2011 年的 1.281 hm² 下降到 2017 年的 0.978 hm²,下降了 23.7%,在 2016 年达到 7 年间的最低值 0.794 hm²。

由表 3 可知,基于 NPP 模型计算的福州市 2011—2017 年人均能源足迹数值起伏不大,总体亦平缓下降,从 2011 年的 0.456 hm² 下降到 2017 年的 0.408 hm²,下降了 10.5%,在 2016 年达到 7 年间的最低值 0.347 hm²。

由表 2~3 可见,2 种模型计算出的能源足迹变化趋势一致,除了总体下降幅度不同,在每年的变化速率上也存在差别,如下降最明显的 3 年的年降幅,2012 年分别为 14.0%和 9.0%,2015 年分别为 18.4%和 14.0%,2016 年分别为 14.9%和

9.2%;而两者的最大增幅都出现在 2017 年,分别为 23.2%和 17.6%。可见,基于 NPP 模型计算的能源足迹计算结果变动幅度更缓和。

表 2 基于传统模型的福州市 2011—2017 年人均化石能源地生态足迹

Table 2 Ecological footprint of fossil energy land of Fuzhou based on traditional model (2011–2017)											hm ²
年份 Year	原煤 Raw coal	焦炭 Coke	原油 Crude oil	燃料油 Fuel oil	汽油 Gasoline	煤油 Coal oil	柴油 Diesel oil	天然气 Natural gas	液化石油气 Liquefied petroleum gas	电力 Electric power	合计 Total
2011	1.079	0.153	0.001	0.009	0.011	0	0.005	0.002	0.011	0.013	1.281
2012	0.892	0.162	0	0.005	0.012	0	0.005	0.001	0.01	0.013	1.102
2013	0.965	0.185	0	0.004	0.012	0	0.005	0.001	0.01	0.014	1.197
2014	0.933	0.166	0	0.002	0.013	0	0.005	0.002	0.009	0.015	1.144
2015	0.765	0.124	0	0.001	0.013	0	0.004	0.002	0.009	0.015	0.933
2016	0.628	0.120	0	0	0.014	0	0.004	0.003	0.01	0.015	0.794
2017	0.783	0.148	0	0	0.014	0	0.003	0.003	0.01	0.016	0.978

表 3 基于 NPP 模型的福州市 2011—2017 年人均化石能源地生态足迹

Table 3 Ecological footprint of fossil energy land of Fuzhou based on NPP-EEF model (2011–2017)											hm ²
年份 Year	原煤 Raw coal	焦炭 Coke	原油 Crude oil	燃料油 Fuel oil	汽油 Gasoline	煤油 Coal oil	柴油 Diesel oil	天然气 Natural gas	液化石油气 Liquefied petroleum gas	电力 Electric power	合计 Total
2011	0.293	0.046	0	0.002	0.003	0	0.002	0	0.002	0.106	0.456
2012	0.243	0.049	0	0.001	0.004	0	0.002	0	0.002	0.113	0.415
2013	0.263	0.056	0	0.001	0.004	0	0.002	0	0.002	0.121	0.449
2014	0.254	0.051	0	0	0.004	0	0.002	0	0.002	0.130	0.444
2015	0.209	0.038	0	0	0.004	0	0.002	0.001	0.002	0.127	0.382
2016	0.171	0.037	0	0	0.004	0	0.001	0.001	0.002	0.130	0.347
2017	0.213	0.045	0	0	0.005	0	0.001	0.001	0.002	0.140	0.408

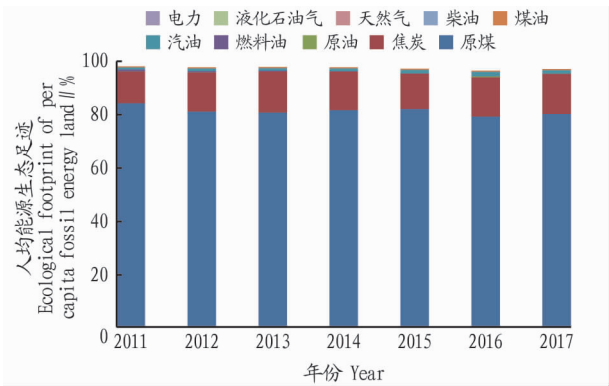


图 1 基于传统模型的福州市 2011—2017 年人均化石能源地生态足迹结构

Fig.1 Ecological footprint structure of per capita fossil energy land in Fuzhou from 2011 to 2017 based on traditional model

对比分析能源足迹的组成结构,基于 2 种模型的计算结果都是电力足迹明显上升,汽油足迹也略有上升,其余各成分足迹都在下降,尤其原煤足迹下降最多(图 1~2)。两组能源足迹结构比例中,原煤、焦炭足迹之和(可以归为煤炭类足迹)所占比例皆为最大,原油、柴油、汽油、燃料油、煤油、液化石油气足迹之和(可以归为石油类足迹)居于次位,电力足迹位于第 3,天然气足迹居于末位。而能源足迹组成结构的不同点在于,各组分占比数值有较明显不同,煤炭类足迹差别相当明显,基于 NPP 模型的计算结果比传统模型的低了近

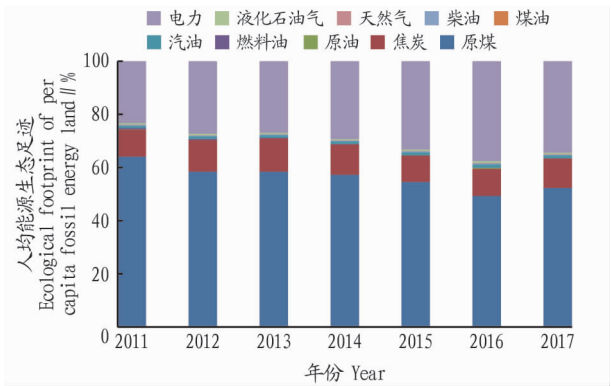


图 2 基于 NPP 模型的福州市 2011—2017 年人均化石能源地生态足迹结构

Fig.2 Ecological footprint of per capita fossil energy land in Fuzhou during 2011–2017 based on NPP-EEF model

32 百分点。电力足迹差异也很大,基于 NPP 模型的计算结果约为传统模型的 6 倍。基于传统模型和基于 NPP 模型的计算基础和方法有所不同,尤其是后者在计算电力足迹时,先将电力耗能用平均热值换算成与之相当的原煤消耗量,再按原煤足迹进行计算,这种计算方法,修正了传统模型存在的部分误差,使得电力足迹数值能更准确反映实际状况。

3.2 能源生态承载力 将数据代入公式(5)、(6),运用基于 NPP 模型,计算得到福州市 2011—2017 年人均能源生态承载力,并将其与同样基于 NPP 模型计算的能源足迹相比,得出生态盈余,具体见图 3;分析福州市 2011—2017 年人均能

源生态承载力组成结构,具体见图4。

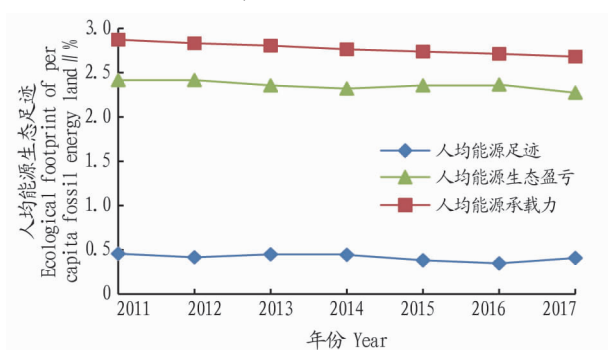


图3 福州市 2011—2017 年人均化石能源地生态承载力和生态盈余

Fig.3 Ecological carrying capacity and ecological surplus of per capita fossil energy land in Fuzhou during 2011–2017

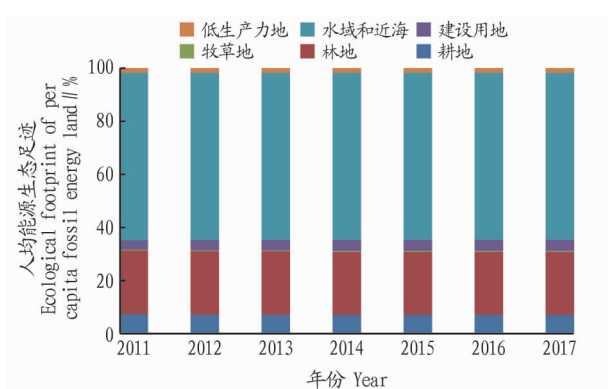


图4 福州市 2011—2017 年人均化石能源地生态承载力结构

Fig.4 Ecological carrying capacity structure of per capita fossil energy land in Fuzhou during 2011–2017

图3表明,福州市 2011—2017 年人均能源生态承载力缓慢匀速下降,从 2011 年的 2.873 hm^2 减少到 2017 年的 2.681 hm^2 ,减少了 6.7%。说明福州市区域生态系统碳吸收能力以及生态环境承受能源消费的能力在逐渐削弱。

由图4可见,2011—2017 年,福州市人均能源生态承载力构成比例数值大小顺序保持不变,居于前3的土地类型是水域近海、林地和耕地,尤其是水域近海和林地2项比例之和,每年都超过85%。这种构成比例是由于福州地处福建东部沿海,天然的大陆架渔场面积大,区域资源禀赋决定了当前的生态承载力构成状况。

基于 NPP 模型计算的福州市 2011—2017 年每年的人均能源足迹,基本保持在同年能源生态承载力的 15% 左右,说明在研究期间化石能源地存在较大生态盈余,区域碳吸收能力可以支撑能源消费。同时,能源足迹和能源生态承载力都逐年下降,但是后者下降的数值更多,这就导致生态盈余持续减少,表明区域生态状况正往不可持续方向发展。

4 结论与建议

4.1 结论 基于传统模型和 NPP 模型计算出的福州市 2011—2017 年人均能源足迹逐年下降,这是福州市近年来节能减排措施政策的逐步推广、能源消耗降低产生的效果。基于 NPP 模型计算出的能源足迹,不仅与区域能源消费情况

有关,还与区域土地利用结构以及各类生态系统的碳吸收能力密切相关,因此计算结果比传统模型计算结果数值低,且偏低的幅度和区域 NPP 值的高低有关。从计算公式可看出,若区域 NPP 值较高,计算结果与传统模型的相差较大;反之,则计算结果的相差较小。福州市目前的林地面积和近海水域面积占总面积比例较大,这2种土地类型都属于高 NPP 生态系统,在此基础上计算得出的区域 NPP 值较高,所以,基于 NPP 模型的能源足迹数值比传统模型的计算结果减少较多。

分别对基于2种模型计算出的福州市 2011—2017 年人均能源足迹进行结构分析,煤炭类足迹和石油类足迹所占比例居于第一、二位,这说明目前福州市能源结构依然是以不可再生资源为主。但同样可以看到,在研究期间,电力足迹上升最多,而原煤足迹下降最多,这在一定程度上是福州市整体能源结构调整的结果。

对福州市 2011—2017 年能源生态承载力的研究表明,人均能源生态承载力总体呈下降趋势,部分原因是福州市城镇化进程加速,导致低 NPP 类型土地面积扩张,高 NPP 类型土地面积减少。在福州市人均能源生态承载力结构中,所占比例最高的土地类型是近海水域和林地。福州市 2011—2017 年的化石能源地始终存在生态盈余,但生态盈余数值在逐渐减少,表明能源消费对当地生态环境的影响正增大,生态状况正往不可持续的方向发展。

4.2 建议 根据目前福州市的能源足迹和能源承载力状况,建议采取以下措施改善区域生态可持续状况:

首先,进一步加强产业政策的引导,继续推广低碳环保新能源的使用,提升其使用行业范围,扩大其使用比例,降低社会对不可再生资源的依赖。依靠技术升级和科技革新改造传统产业,逐步降低单位 GDP 能源足迹。

其次,努力优化生活能源消费结构,提倡绿色出行、绿色生活,减少生活能源消费量,鼓励能源节约型社会消费习惯,降低生活能源足迹。

最后,改善土地利用方式,合理保护和充分发挥自然植被的碳吸收能力,进一步保持和提升区域能源生态承载力。

参考文献

- [1] WACKERNAGE L M, REES W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. *Ecological economics*, 1997, 20(1): 3–24.
- [2] VENETOULIS J, TALBERTH J. Refining the ecological footprint [J]. *Environment development and sustainability*, 2008, 10(4): 441–469.
- [3] 王红旗, 张亚夫, 田雅楠, 等. 基于 NPP 的生态足迹法在内蒙古的应用 [J]. *干旱区研究*, 2015, 32(4): 784–790.
- [4] 汤榕珺, 刚成诚, 李建龙, 等. 苏州市吴中区生态环境质量现状定量评估与分析 [J]. *天津农业科学*, 2015, 21(6): 78–83.
- [5] 鲁凤, 陶菲, 钞振华, 等. 基于净初级生产力的省公顷生态足迹模型参数的计算: 以江苏省为例 [J]. *地理与地理信息科学*, 2016, 32(2): 83–88.
- [6] 周宁. 基于改进生态足迹方法的重庆市生态承载力时空动态研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2017.
- [7] BORUCKE M, MOORE D, CRANSTON G, et al. Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework [J]. *Ecological indicators*, 2013, 24: 518–533.

(下转第 70 页)

3.4 销售渠道有限,没有形成品牌优势 目前海奥奶牛合作社所生产的有机肥销售地仍以昌吉市当地或周边区县为主,有机肥的销售途径也以农户线下购买为主,既没有批发商前来采购,也缺少线上购买途径,导致海奥奶牛合作社所产的有机肥只在本地小范围内略有名气。

4 对策建议

4.1 合理分配种养资源 由于海奥奶牛合作社种养规模不匹配,目前已造成粪便过剩的问题。应当对现有种养规模进行科学设计,对农业资源和资金的投放进行更加合理的分配,适当扩大种植规模或增加粪便转化设备,提高废弃物转化能力,使其供需数量趋于相对平衡,以达到节约资源和避免污染浪费的目的。

4.2 加强人才培养,推动技术创新 人才是推动技术创新和保障发展的内在动力,海奥奶牛合作社应一方面提升规范化管理水平,同时举办各类技术培训班,使培训常规化,内容大众化,有计划循序渐进地提高养殖户的思想认识和技术水平,针对文化程度较高的“新型农民”则在培训内容上有所不同,偏向高端技术,以储备不同类型的人力资源。加强农业技术推广体系建设,增加宣传渠道,培养农民新的价值观念,使其认识经济效益、生态效益、社会效益三者结合的重要性,主动参与到循环农业中去,进一步加快循环农业新技术应用。

4.3 完善农业基础设施建设,拓展产业链延伸 加强农业基础设施建设,优化制度,进一步提高沼气、沼液的铺设密度,让资源更方便快捷地输送到需要之处,与此同时提高各个环节的装备水平,做好安全措施。加强农业生态保障设施建设,在提高输送效率的同时避免出现污染和泄漏,切实保护周边环境。拓展产业链,通过绿色观光、特色养殖,将农业和服务业紧密联系起来,以达到社会效益、生态效益、环境效益的有机结合。

4.4 设计传播度高且容易记住的品牌 logo 和标语 在注重品质的前提下关注农产品内外包装设计,符合产品定位的同时有助于品牌的推广。加大宣传力度,拓宽销售渠道,线上线下同时进行,并且完善售后服务。

5 结语

循环农业是在循环经济理论上发展而来的,区别于传统农业生产方式的新的生产理念和生产方式,在理论和技术上都提出了更高的要求。笔者在对昌吉市海奥奶牛合作社进行研究之后得出以下结论:海奥奶牛合作社在发展循环农业的过程中,其优点和不足都是显而易见的,区位、资源等优势都促成其循环农业的快速发展,但地形及自然条件的单一又对循环农业发展模式的多样化进行了限制。

海奥奶牛合作社在制定循环农业策略、模式和发展循环农业过程中应当因地制宜,扬长避短,充分重视各方面的因素,结合自身优势,在做好已有模式的前提下进一步开拓多元模式,发展符合本地区特点的现代农业。

参考文献

- [1] 尹昌斌,周颖.循环农业发展理论与模式[M].北京:中国农业出版社,2008.
- [2] 季昆森.循环经济原理与应用[M].合肥:安徽科学技术出版社,2004.
- [3] 王栋.北京郊区循环农业发展模式研究[D].长春:吉林大学,2011.
- [4] 郭铁民,王永龙.福建发展循环农业的战略规划思路与模式选择[J].福建论坛(人文社会科学版),2004(11):83-87.
- [5] 万里平.从沼气开发探究规模化猪场生态发展模式[J].猪业科学,2013,30(1):52-54.
- [6] 规模化养殖是奶牛养殖业发展的趋势[J].中国畜牧业,2013(9):20-21.
- [7] 匡斌,阿海石布.循环农业模式下的农业废弃物资源化利用[J].农家参谋,2019(10):11.
- [8] 郑兴耘.改革废肥制度 发展高级循环农业[J].农民科技培训,2014(7):43-45.
- [9] 董淑阁,阎修花,董淑海,等.关于发展畜禽养殖循环经济推进污染减排的研究[J].污染防治技术,2013,26(3):23-26.
- [10] 谢小春.农村能源循环农业技术模式的应用探讨[J].江西农业,2019(14):58.
- [11] 尹昌斌,周颖.循环农业发展理论与模式[M].北京:中国农业出版社,2008.
- [12] 方恺,沈万斌. CO₂ 排放承载力计算模型的构建与应用[J].生态科学,2010,29(6):558-562.
- [13] 薛若略.福建省化石能源地生态承载力研究[J].安徽农业科学,2018,46(28):76-78,81.
- [14] 福州市统计局.2018 福州统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2018.
- [15] 福建省国土资源厅.福建省第二次全国土地调查主要数据成果公报[EB/OL].(2014-07-01)[2019-07-10]. http://www.fujian.gov.cn/zc/tjxx/tjgh/201407/t20140702_1134283.htm.

(上接第 67 页)

- [8] 世界自然基金会(WWF).中国生态足迹与可持续消费研究报告[EB/OL].(2014-04-03)[2019-05-10]. <http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2014/CN2014footprint.pdf>.
- [9] 薛若略.基于净初级生产力模型的福建省能源足迹研究[J].安徽农业科学,2018,46(27):64-67.
- [10] 方恺,董德明,沈万斌.基于净初级生产力的能源足迹模型及其与传统模型的比较分析[J].生态环境学报,2010,19(9):2042-2047.
- [11] 胡秀莲,李爱仙,陈海红,等.综合能耗计算通则:GB/T 2589—2008