

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

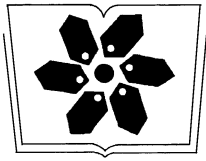
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁, 刘世荣, 史作民, 等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷, 孔繁翔, 谭 啸, 等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲, 黄小平, 张大文, 等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文, 张春华, 叶祖超, 等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野, 王 烨, 贾黎明, 等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬, 罗承德, 张 健, 等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林, 杨丙贤, 宗学凤, 等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华, 李德文, 庞海河, 等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯, 江 洪, 由美娜, 等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵, 毛志泉, 朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉, 李吉跃, 张方秋, 等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章, 石福习, 董小刚, 等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵, 王国安, 李嘉竹, 等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽, 李守剑, 李贤伟, 等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春, 张明海, 孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波, 王梦君, 李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香, 张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进, 武予清, 郁振兴, 等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之, 杜海峰, 王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰, 王 涛, 宗世祥, 等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平, 李贵全, 郭数进, 等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮, 谢英荷, 任苗苗, 等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠, 成自勇, 郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林, 李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千, 金晓斌, 周寅康, 等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进, 魏朝富, 李 渝, 等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇, 吕一河, 傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁, B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰, 胡 诚, 李双来, 等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化: 探寻恢复之路 —— 第三届国际荒漠化会议述评	吕一河, 傅伯杰 (293)

农户收入差异对生活用能及生态环境的影响 ——以江汉平原为例

杨 振*

(华中师范大学城市与环境科学学院, 武汉 430079)

摘要:以江汉平原为例,通过入户调查方式获取基础数据,利用层次分析法考察农村居民收入差异对生活用能选择的影响,并采用生态足迹模型测算不同收入农户生活能源消费的生态环境效应。研究发现:(1)能源属性对不同收入农户的选择行为影响较大,高收入农户对舒适性、卫生性较强的电力能源消费较多;中、低收入农户则消耗了较多的薪柴、秸秆等非商品能源,比较关注能源的经济性;(2)能源消费数量及生态环境效应因农户收入不同而存在显著差异,高收入农户每年人均消费数量较多,为533.89千克标准煤,分别比低收入和中收入农户高出25.24千克标准煤、7.32千克标准煤;高收入农户每年人均用能足迹最多,为2.1569hm²,分别是低收入和中收入农户的5.87倍、2.58倍;(3)随着收入水平的不断提高,农户生活用能数量增多和消费结构的“商品化”、“高碳化”倾向十分明显,总足迹的增长主要来源于商品能源的消费增长。研究成果有助于理解和解决当前日趋严峻的能源供需矛盾和温室气体减排问题,为制订合理的节能减排策略、优化农村用能结构提供参考依据。

关键词:收入差异;生活用能;生态足迹;农户;江汉平原

Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China

YANG Zhen*

College of Urban and Environmental Science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China

Abstract: As a result of the rapid development of industrialization and urbanization, the pressure in reducing the greenhouse gas emission is increasing because of incremental demand for energy in China which is one of the largest developing countries in the world, and there are immense rural regions as well as a large amount of rural residents in it. During the process of rural modernization, the residents' income and the living level have greatly improved. In the meantime, it can be obviously detected that the living energy consumed by rural residents has risen strikingly recently, and the main energy consumption is transformed from biomass energy into modern commercial energy which would certainly worsen the contradiction of demand and supply in domestic energy market, and would impose a heavier stress on dealing with the problems caused by climate change. However, only a little attention has been given to energy-saving and emission reduction in China's rural regions due to various reasons.

Jiangnan Plain, located in Hubei Province which is a central district in China, is an alluvial plain formed by Yangtze River and Han River. It serves as one of the most important and typical commodity grain base in China and has the strong heterogeneity both in natural and humanities geography. This thesis, taking Jiangnan Plain as an example, has obtained the basic data through household surveys and investigated how different income of rural households affected the choices of living energy by using Analytic Hierarchy Process (AHP). Then, the emission quantity of CO₂, CH₄, N₂O is evaluated according to the emission factors. In addition, the ecological footprint model is utilized to calculate the living energy's eco-environmental effects based on the income level. The study results show: (1) households' living energy consumption is

基金项目:中央高校基本科研业务费资助项目(CCN09A01016)

收稿日期:2010-08-01; 修订日期:2010-11-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangzhen0971@163.com

distinct according to different income levels which result in energies of diverse properties to be chosen. High-income households have consumed much more electric energy which is sanitary and clear, while low-income households prefer to firewood, straws and other kinds of non-commercial energy which are economical. (2) In terms of different income level, there also exists significant difference in the consumption quantity of living energy and eco-environmental effects. High-income households have consumed energy of 533.89 kg per capita, 25.24 kg more than low-income households and 7.32 kg more than middle-income. The energy footprint made by high-income households is 2.1569 hm² per capita and reaches 5.87 and 2.58 times respectively than low-income and middle-income households. (3) With the rural households' income increasingly rise, the trend of amount-increase, commercialization and high-carbonation of energy consumption becomes more and more obvious. The growth of the total footprint comes mainly from the commercial energy consumption.

It is demonstrated that the transition of energy consumption construction occurred in China's rural regions, on the one hand, has worsen the contradiction of energy demand and supply, on the other hand, has decreased the function of government endeavor in deducing the industrial emission and in coping with the climate change to some extent. It is also illustrated that it is necessary to popularize the effective energy-saving and emission-reduction technology in vast rural region. Obviously, this research would be helpful to understand and solve the increasingly serious problems of energy shortages and greenhouse gas emission and provide the basis for China's rural energy structure-optimizing issues.

Key Words: income differences; living energy consumption; ecological footprints; rural households; Jiangnan Plain

随着城市化、工业化进程的快速推进,国家对能源的需求不断增加,产生了越来越多的生态环境问题,温室气体减排压力也日益增大^[1]。农村生活用能是指农户家庭直接用于灶事、照明、交通、采暖制冷、文化娱乐等方面的能源资源,主要包括秸秆、薪柴、沼气、煤炭、液化气、电力、成品油等几种类型^[2]。随着收入水平的提高,农村生活用能总量出现大幅增长态势,用能结构逐渐由几乎全部依靠生物质能向以煤炭、电力等现代商品能源为主转换^[3]。虽然 2007 年的《中国应对气候变化国家方案》将农村能源赋予提高减缓和适应气候变化能力的新使命,但农村生活领域的节能减排问题一直没有得到应有的重视^[4]。作为世界上最大的发展中国家,我国广大农村地域的生活用能数量增多和消费结构“商品化”、“高碳化”的倾向无疑会加重国家能源供需矛盾和生态环境保护及应对气候变化的压力。

众多学者已经从农户收入^[5]、家庭成员(尤其是户主)受教育程度^[6]、家庭结构^[7]、能源政策^[8]、技术进步^[9]、文化与习俗^[10]、妇女解放^[11]、交通运输^[12]、环境健康^[13]、气候变化^[14]等视角探讨了农村生活用能变化的基本特征、影响因素及环境效应等问题,为国家能源战略、生态建设及气候谈判等问题提供了宝贵的智力支撑。但大部分文献以定性描述和理论分析为主,缺乏深入的定量实证研究;在评估能源消费的生态环境效应时多采用仪器监测方法,侧重于污染性环境影响,忽视了对生态系统潜在的非污染性影响,对生态环境影响的跨区域性关注也不够^[15]。实际上,农村生活能源消费既具有显性的环境污染效应,亦具有潜在的非污染性影响,综合性比较强。并且,除一部分自产能源外(如薪柴、秸秆等),农户往往还有部分能源(如煤炭、电力等)需要从外地输入,生态环境影响具有较强的跨区域性,等等。为克服上述不足,本文选择自然、人文地理条件均质性较强的江汉平原作为实证区域,通过入户调查方式获取农户层面的基础数据,利用层次分析法考察农户收入差异对生活用能选择的影响;并在估算主要温室气体(CO₂、CH₄和 N₂O)排放量的基础上,采用生态足迹模型测算不同收入农户能源消费的生态环境效应差异,为国家制订合理的节能减排策略、优化农村用能结构提供参考依据。

1 区域概况与数据获取

1.1 区域概况

江汉平原位于湖北省中南部,由长江、汉江冲积而成,西起枝江,东抵武汉,北至钟祥,南与洞庭湖平原相连,具体包括湖北省的荆州、荆门、天门、仙桃、潜江等 5 个中小城市地域。总面积约 3.4×10^4 km²,2009 年底

总人口为 1350 万,其中农村人口占 72.9%左右。平原内部地势低平,除边缘区分布有海拔约 50m 的平缓岗地和百余米的低丘外,海拔均在 35m 以下。耕地面积约 $95.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$,土质肥沃,雨热同季,是全国最重要的商品粮生产基地之一,素有“湖广熟,天下足”之说^[16]。作为一个相对独立的地理单元,江汉平原地势平坦,气温、降水空间变率较小,农村居民生活方式、环保意识、文化和习俗等具有较强的一致性。在自然、人文地理条件均质性较强的前提下,收入水平差异是居民生活用能结构和数量不同的关键因子。

1.2 数据获取

以农户为研究单元,通过入户调查方式获取基础数据。在正式调查之前对调查员进行相关培训并进行了预调查,根据反馈意见对问卷提问方式等内容进行修改,确定所设计的问题无歧义。正式调查采取调查员在随机选定的村落中入户现场询问的方法,回答问卷的总时间基本控制在 10—15min。具体的调查区域包括仙桃市(沙湖镇、彭场镇)、沙洋县(毛李镇)、天门市(拖市镇)、潜江市(龙湾镇)、监利县(龚场镇)等 5 个县市的 6 个乡镇、18 个村庄。正式调查共发放问卷 217 份,每户 1 份,收回有效问卷 217 份。调查实施时间为 2010 年 7 月中旬,调查内容主要包括农户生计方式、家庭收入、生活用能类型与数量等事项。根据实际情况,主要对薪柴、秸秆、沼气、煤炭、电力等五种基本能源进行了调查,并利用相应工具对薪柴、秸秆等能源进行实际称重、测算,利用电价和电费折算生活用电总量。

2 农户收入差异对生活用能的影响

2.1 农户收入差异特征

近年来,江汉平原经济社会继续保持良好的发展势头,农村居民收入水平稳步提高,但农户之间存在较大差异^[17]。在所有被调查农户中,人均收入均值为 3593 元,最高值为 8500 元,最低值为 950 元,前者是后者的 8.95 倍。按照人均收入情况,将被调查农户划分为 3 种类型:(1)低收入水平,人均收入低于 2000 元;(2)中收入水平,人均收入介于 2000—5000 元之间;(3)高收入水平,人均收入高于 5000 元。表 1 显示了 3 个类型的农户数量和所占比例。可以发现,所有被调查农户中以中收入水平家庭居多,占 64.06%;低收入和高收入农户比例分别为 21.66%、14.28%。低收入农户人均收入为 1379 元,比中收入和高收入农户分别低 2500 元、4290 元;中收入农户比高收入农户低 1790 元。

表 1 不同收入农户分组特征

Table 1 Characteristics of households grouped according to income

指标 Item	低收入 Low-income	中收入 Middle-income	高收入 High-income	全体 Total
分组标准 Group standard/元	<2000	2000—5000	>5000	950—8500
包含户数 Household included	47	139	31	217
所占比例 Ratio/%	21.66	64.06	14.28	100
平均收入 Average income/元	1379	3879	5669	3593

2.2 不同收入农户用能选择差异

收入状况对农户生活用能选择的影响是一个多目标系统的决策过程,这里利用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 进行分析,相应的层次结构如图 1 所示。其中,第一层为目标层,即农户对生活用能类型的选择;第二层为准则层,包括生活能源的经济性、便利性、舒适性和卫生性等 4 个属性指标;第三层为方案层,即可供选择的能源品种,包括薪柴、秸秆、沼气、煤炭、电力等 5 种主要能源类型。

各类型能源的经济性、便利性、舒适性及卫生性等属性差异较大,对不同收入农户选择行为的影响各不相同。按照 1—9 标度法,根据不同收入农户的两两比较与打分综合情况并结合专家咨询意见,得到准则层各元素相对于目标层的判断矩阵,以及方案层各元素相对于准则层各元素的判断矩阵。通过“和积法”计算各判断矩阵的特征根与特征向量,求得每层元素的相对权重,然后根据计算的一致性指标和同阶平均随机一致性指标的比值检验判断矩阵的一致性。不同收入农户最终的各层次单排序和总排序结果,见表 2—表 4。

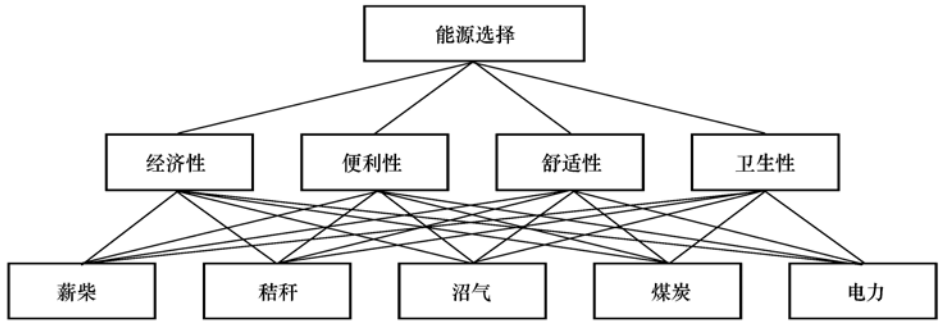


图1 农户收入差异对生活用能选择的影响结构图

Fig. 1 Influence of rural households' income differences on the living energy choice

表2 低收入农户生活用能选择模式

Table 2 Choice mode of living energy of the low-income households

能源类型 Energy type	经济性 Economy	便利性 Convenience	舒适性 Comfort	卫生性 Sanitary	权重 Weight	顺序 Order
	0.547	0.246	0.124	0.083		
薪柴 Firewood	0.326	0.305	0.081	0.086	0.271	1
秸秆 Straws	0.326	0.271	0.060	0.055	0.257	2
沼气 Biogas	0.257	0.092	0.237	0.238	0.212	3
煤炭 Coal	0.043	0.138	0.302	0.192	0.111	5
电力 Power	0.048	0.194	0.320	0.429	0.149	4

表3 中收入农户生活用能选择模式

Table 3 Choice mode of living energy of the middle-income households

能源类型 Energy type	经济性 Economy	便利性 Convenience	舒适性 Comfort	卫生性 Sanitary	权重 Weight	顺序 Order
	0.251	0.243	0.267	0.239		
薪柴 Firewood	0.354	0.233	0.087	0.093	0.191	2
秸秆 Straws	0.366	0.219	0.055	0.070	0.176	4
沼气 Biogas	0.183	0.122	0.262	0.080	0.165	5
煤炭 Coal	0.050	0.199	0.228	0.252	0.182	3
电力 Power	0.047	0.227	0.368	0.505	0.286	1

表4 高收入农户生活用能选择模式

Table 4 Choice mode of living energy of the high-income households

能源类型 Energy type	经济性 Economy	便利性 Convenience	舒适性 Comfort	卫生性 Sanitary	权重 Weight	顺序 Order
	0.107	0.234	0.317	0.342		
薪柴 Firewood	0.307	0.199	0.109	0.106	0.150	3
秸秆 Straws	0.335	0.127	0.077	0.082	0.118	4
沼气 Biogas	0.065	0.091	0.068	0.093	0.082	5
煤炭 Coal	0.049	0.255	0.206	0.280	0.226	2
电力 Power	0.244	0.328	0.540	0.439	0.424	1

由表2可以看出,低收入农户比较关注能源的经济性,对便利性、舒适性和卫生性关注不强,4个指标的权重从大到小依次为0.547、0.246、0.124、0.083;表3显示,中收入农户对舒适性(0.267)和经济性(0.251)比较关心,对便利性(0.243)和卫生性(0.239)的关注程度相对较低;表4反映了高收入农户对能源的卫生性和舒适性最为关注,相应的权重分别为0.342、0.317,经济性(0.107)的影响作用最低。基于能源属性关注点的不同,被调查农户的能源选择顺序差异很大。对高收入农户而言,电力(0.424)和煤炭(0.226)是其首选对象,其次为薪柴(0.150)、秸秆(0.118)和沼气(0.082),选择意愿依次降低(表4);中收入农户的选择顺序由

大到小依次为电力(0.286)、薪柴(0.191)、煤炭(0.182)、秸秆(0.176)、和沼气(0.165)(表3);低收入农户则以薪柴(0.271)、秸秆(0.257)和沼气(0.212)为首选对象,对电力(0.149)和煤炭(0.111)的选择意愿较小(表2)。

2.3 不同收入农户用能数量差异

根据标准煤折算系数^[18],以下全部都将农户实际用能数据折算为统一的标准煤单位进行运算分析。结果表明,全体被调查农户的人均生活用能均值为523.73千克标准煤。其中,秸秆消费比重最大,占56.73%;薪柴次之,占35.62%;其他依次为电力、煤炭和沼气,分别占5.40%、1.40%、0.84%(表5)。农户用能数量因收入不同而存在显著差异,高收入农户每年消耗的能源数量最多,人均达到533.89千克标准煤,分别比低收入和中收入农户高出25.24千克标准煤、7.32千克标准煤。同时,各类型能源消费数量因农户收入不同也存在显著差异,其中低收入和中收入农户对薪柴、秸秆、沼气3种能源的消费比例之和分别为98.32%、93.83%,高收入农户对煤炭和电力的消费比例之和为17.01%。高收入农户对电力、煤炭等商品能源消费较多,中、低收入农户则消耗了较多的自产能源。在全体被调查农户中,自产能源与商品能源消费比重分别为93.19%、6.81%,说明目前农村生活用能结构虽然有多元化趋势,但以非商品能源为主导的结构特征仍然十分明显。沼气是一种需要较多前期投入的能源类型,如果没有国家的建池补贴,农户自主发展沼气的积极性不高。在所有被调查者中只有69家农户使用沼气,不到三分之一。同样基于经济性的考虑,使用煤炭的农户仅占36.87%。

表5 不同收入农户人均生活用能数量差异

Table 5 Living energy amount of rural households with different income

能源类型 Energy type	低收入 Low-income	中收入 Middle-income	高收入 High-income	全体 Total
薪柴 Firewood/千克标准煤	196.00	189.99	156.87	186.56
秸秆 Straws/千克标准煤	298.73	299.38	284.64	297.13
沼气 Biogas/千克标准煤	5.40	4.70	1.56	4.40
煤炭 Coal/千克标准煤	0.82	7.49	16.54	7.34
电力 Power/千克标准煤	7.71	25.01	74.29	28.30
合计 Total/千克标准煤	508.65	526.57	533.89	523.73

结合表2—表5,发现调查区不同收入农户的生活用能选择顺序与消费特征,比较符合 Omar R 等人提出的“能源阶梯”的概念框架^[19]——收入水平越高,对能源的舒适性、卫生性、便利性的要求也越高;低收入阶层更多地使用薪柴、秸秆等“经济型”能源,而中、高收入阶层则较多地使用煤炭、电力等“舒适型”能源。进一步的分析还发现,收入较低的农户的能源需求多集中于灶事方面,所占比重普遍超过能源需求总量的90%,用能类型多为薪柴与秸秆;中、高收入农户在交通、采暖制冷、文化娱乐等方面消耗的能源数量较多,煤炭和电力的消费比重显著增加。如中、高收入农户煤炭和电力消费比重分别为6.17%、17.01%,均显著高于低收入农户的1.68%。另外,沼气是一种比较清洁的能源,也是国家大力推行的新能源之一,具有投资少、见效快的特点。但是,根据表2—表5,认为经济性较强的沼气能源比较适合在收入水平较低的农村地区推广使用。随着收入水平的提高,如果不能从根本上解决沼气池维护困难、使用年限较短等瓶颈问题,即使国家大幅度提高补助费用也可能无法激起中高收入农户发展和使用沼气的热情。

3 不同收入农户生活用能的生态环境效应差异

农户生活用能的生态环境效应具有较强的综合性特征,本文利用生态足迹作为其表征指标。分析思路为:首先根据 IPCC 温室气体排放计算指南提供的基本方法^[20-21]对农户生活用能产生的 CO₂、CH₄、N₂O 等主要温室气体进行估算,然后再折算为相应的生态足迹,对生态环境效应进行统一化处理和分析。

3.1 温室气体排放估算方法

农户生活能源消费产生的温室气体排放量估算公式,如式(1)所示。其中, Q_j 为 j 农户生活用能产生的

CO_2 、 CH_4 或 N_2O 排放总量; B_{ij} 为 j 农户对能源类型 i 的实际消费量,按标准煤计; C_{ij} 为 j 农户消费能源 i 的 CO_2 、 CH_4 或 N_2O 排放因子; $i=1,2,\dots,5$,分别代表薪柴、秸秆、沼气、煤炭、电力等5种主要能源类型。

$$Q_j = \sum_{i=1}^n B_{ij} \times C_{ij} \quad (1)$$

为简化分析,各农户的排放因子统一取《2006年IPCC国家温室气体清单指南(第二卷,能源)》中提供的缺省值^[21]。由于农村生活用煤主要为原煤,其排放因子取该指南中各类煤炭缺省排放因子的平均值;薪柴的排放因子参照固体生物燃料中木材的缺省值选取;秸秆的排放因子参照固体生物燃料中其他主要固体生物量的缺省值选取;户用沼气参照气体生物量的排放因子进行选取。由于指南中的排放因子单位为 kg/TJ ,这里根据调查数据特点和折标准煤系数统一转换为 $\text{g}/\text{千克标准煤}$ 。另外,由于研究区的生活电力多为从外地输入的火电(比例取0.8),而火电生产多以煤炭等化石能源作燃料,故农户生活电力的消费也意味着温室气体的异地排放,相关的排放因子取自文献^[22],单位为 $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

3.2 用能足迹计算方法

参考文献^[23]的计算思路, CO_2 的生态足迹利用已知的化石能源地平均 CO_2 吸纳能力($5.2\text{t}/\text{hm}^2$)直接折算, N_2O 和 CH_4 的生态足迹通过其全球变暖潜势(global warming potential, GWP)折算出相应的 CO_2 当量值后再进行估算,计算方法如式(2)所示。

$$EF_{\text{CO}_2, \text{N}_2\text{O}, \text{CH}_4} = EF_{\text{CO}_2} + EF_{\text{N}_2\text{O}} + EF_{\text{CH}_4} = \frac{1}{5.2} (Q_{\text{CO}_2} + GWP_{\text{N}_2\text{O}} \times Q_{\text{N}_2\text{O}} + GWP_{\text{CH}_4} \times Q_{\text{CH}_4}) \quad (2)$$

式中, Q_{CO_2} 、 $Q_{\text{N}_2\text{O}}$ 、 Q_{CH_4} 分别为农户生活能源消费产生的 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 排放量, $GWP_{\text{N}_2\text{O}}$ 、 GWP_{CH_4} 为 N_2O 、 CH_4 的全球变暖潜势,分别取310、21。

3.3 农户收入差异对生活用能足迹的影响

根据被调查农户实际生活用能数量和式(1)计算出 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 人均年排放量并折算为生态足迹总量为 0.9236hm^2 ,其中,薪柴足迹、秸秆足迹、沼气足迹、煤炭足迹和电力足迹分别为 0.0684 、 0.0852 、 0.0010 、 0.0029 、 0.7662hm^2 ,所占比例分别为 7.41% 、 9.22% 、 0.11% 、 0.31% 、 82.96% (表6)。其中,电力足迹占据绝对优势地位,几乎是其他4类能源足迹总和的4.87倍之多。沼气足迹比例最小,其原因主要在于沼气消费总量较少和温室气体排放因子较小两个方面。表6还显示,农户生活用能的生态足迹因收入不同而存在显著差异。高收入农户人均用能足迹最多,为 2.1569hm^2 ,分别是低收入和中收入农户的5.87、2.58倍。同时,不同收入农户群体的用能足迹结构差异也比较大。低收入农户的薪柴足迹、秸秆足迹与沼气足迹比例之和达 43.16% ,生物质能源足迹与商品能源足迹相差不大;而中、高收入农户的煤炭、电力足迹比例分别为 81.29% 、 93.54% ,商品能源足迹占据绝对优势地位。

表6 不同收入农户人均生态足迹差异

Table 6 Ecological footprint differences of rural households with different income

能源类型 Energy type	低收入 Low-income	中收入 Middle-income	高收入 High-income	全体 Total
薪柴 Firewood/ hm^2	0.0718	0.0696	0.0575	0.0684
秸秆 Straws/ hm^2	0.0857	0.0859	0.0816	0.0852
沼气 Biogas/ hm^2	0.0012	0.0010	0.0003	0.0010
煤炭 Coal/ hm^2	0.0003	0.0029	0.0065	0.0029
电力 Power/ hm^2	0.2087	0.6771	2.0110	0.7662
合计 Total/ hm^2	0.3677	0.8365	2.1569	0.9236

图2描绘了农户人均收入与商品能源足迹(电力、煤炭足迹)、非商品能源足迹(薪柴、秸秆与沼气足迹)及总足迹之间的相对关系。可以发现,总足迹和商品能源足迹随收入的增加近似呈指数模式增大,非商品能源足迹则近似呈直线模式微降(基本维持在 $0.15\text{hm}^2/\text{人}$ 左右)。总足迹的增长主要来源于商品能源足迹的增

长,二者的变动趋势基本相同。由于薪柴、秸秆等生物质能在形成过程中会吸收、同化空气中流动的碳元素,可以在很大程度上抵消其燃烧过程中的碳排放,因此生物质能燃烧利用被普遍认为具有“碳中和”性,不会过多加重气候变化负担^[24]。相比之下,煤炭等化石燃料的消耗过程是把原为固定的碳流动化,并累计于大气环境,加重其温室效应。显然,伴随着收入水平的提高,农户生活用能结构的“商品化”、“高碳化”倾向在加深能源供需矛盾的同时,也在一定程度上抵消了国家在工业经济领域节能减排及应对气候变化方面的努力。

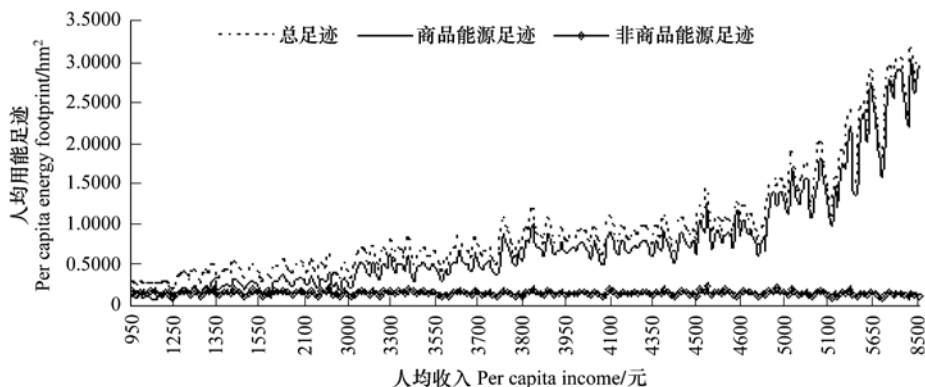


图2 农户人均收入与用能足迹之间的关系

Fig. 2 Relationship between energy footprint and rural households income

4 结论与讨论

通过对比分析江汉平原不同收入农户生活能源选择及其生态环境效应的差异特征,我们发现,能源属性对不同收入农户的消费选择行为影响较大,高收入农户对舒适性、卫生性较强的电力能源消费较多;中、低收入农户则消耗了较多的薪柴、秸秆等非商品能源,比较关注能源的经济性;农户生活用能数量和生态环境效应因收入不同而存在显著差异,高收入农户每年人均消耗能源 533.89 千克标准煤,分别比低收入和中收入农户高出 25.24、7.32 千克标准煤;高收入农户每年人均生活用能足迹为 2.1569 hm^2 ,分别是低收入和中收入农户的 5.87、2.58 倍;农户用能总足迹的增长主要来源于商品能源消费的增长,用能数量增多和消费结构的“商品化”、“高碳化”倾向十分明显。

值得指出的是,我国是一个发展中大国,农村地域广阔,人口众多,生活水平还远没有达到普遍富裕的程度,提高居民的收入水平仍然是当前及今后较长时期的发展目标。由于居民收入的持续、快速增长必然会带动用能数量与结构的相应变化,加大对生态环境的影响强度,因此生活富裕与节能减排、环境保护是一个两难的选择。为协调二者的对立关系,必须采取一些有效的政策和措施对农村生活能源消费方式、观念进行合理引导,及时制止高收入农户的过度消费和炫耀性消费倾向;大力倡导资源节约与环境友好型生活方式,加大在新能源方面的投入力度,逐步增加沼气、太阳能等低碳或无碳能源的消费比重,减少化石能源使用数量。

References:

- [1] Chen C Z, Lin Z S. Driving forces analysis of energy ecological footprint growth fluctuation in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(2): 758-766.
- [2] Li G Z. Study on Eco-economic System of Rural Household Energy. Lanzhou: Lanzhou University, 2007.
- [3] Wang G H. Developmental strategy of rural energy in building a well-off society. *Science & Technology Review*, 2005, 23(5): 53-55.
- [4] Ye H, Pan L Y, Chen F, Wang K, Huang S P. Direct carbon emission from urban residential energy consumption: a case study of Xiamen, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(14): 3802-3811.
- [5] Muyeye C, Henk F. Fuel switching in Harare: an almost ideal demand system approach. *Energy Policy*, 2007, 35(4): 2538-2548.
- [6] Vinod J, Chandra A, Bhattachary M. Household energy consumption pattern and socio-cultural dimensions associated with it: a case study of rural Haryana, India. *Biomass and Bioenergy*, 2009, 33(11): 1509-1512.
- [7] Makoto K, Toshihiko N. Analysis of the energy access improvement and its socio-economic impacts in rural areas of developing countries.

- Ecological Economics, 2006, 58(8): 1-11.
- [8] Cai J, Jiang Z. Changing of energy consumption patterns from rural households to urban households in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008, 12(6): 1667-1680.
- [9] Gang L, Mario L, Lei S. Rural household energy consumption and its impacts on eco-environment in Tibet; taking Taktse County as an example. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008, 12(7): 1890-1908.
- [10] Frauke U, René M J, Henri C. Moll energy for rural India. Applied Energy, 2009, 86(1): S47-S57.
- [11] Huang L M. Financing rural renewable energy: comparison between China and India. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13(5): 1096-1103.
- [12] Judith A C, Isaac D, Felipe H. Energy supply for sustainable rural livelihoods: a multi-criteria decision-support system. Energy Policy, 2007, 35(3): 1493-1504.
- [13] Wang X H, Feng Z M. Bio-fuel use and its environmental problems in rural areas of China. Journal of Nanjing Agricultural University, 2004, 27(1): 108-110.
- [14] Li G Z, Niu S W, Yang Z, Zhang X. The analysis on environmental and economic cost of rural household. Journal of Natural Resources, 2008, 23(1): 15-24.
- [15] Yu J P, Cui P, Wang W Y. Estimation on SO_2 , NO_x and consumption for non-production TSP emissions from energy purpose in rural areas of China. Geographical Research, 2008, 27(3): 547-555.
- [16] Cao P, Chen X, Liu Z Y. CVM study of preservation of agricultural multi-functionality in Jiangnan Plain. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2010, (1): 32-35.
- [17] Xu S, Wu Y J, Zhou Y. Climatic trend of rainfall over Jiangnan Plain. Journal of Huzhong Normal University: Nature Sciences Edition, 2007, 41(3): 480-483.
- [18] Yang Z. Study on equalities of carbon emissions from energy consumption based on environmental capacity. Energy of China, 2010, 32(7): 25-28.
- [19] Omar R M. From linear fuel switching to multiple cooking strategies: a critique and alternative to the energy ladder model. World Development, 2000, 28(12): 2083-2103.
- [20] Yang Z, Niu S W, Chang H L. Evaluation on sustainability of the regional ecological economics development based on ecological footprint model. Economics Geography, 2005, 25(4): 542-546.
- [21] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume II. Japan: the Institute for Global Environmental Strategies, 2008.
- [22] Di X H, Nie Z R, Zuo T Y. Life cycle emission inventories for fuels consumed by thermal power in China. China Environmental Science, 2005, 25(5): 632-635.
- [23] He C L, Wu J H, Liu W L. Calculation method of cement ecological footprint. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3549-3558.
- [24] Wu Y H, Cao B, Gao F. Studies on current rural energy resources utilization and bio-energy development in Northwest Yunnan. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 781-788.

参考文献:

- [1] 陈成忠, 林振山. 中国能源足迹增长波动的驱动因子分析. 生态学报, 2009, 29(2): 758-766.
- [2] 李国柱. 区域农村生活能源生态经济系统研究. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [3] 王革华. 全面建设小康社会的农村能源问题及其发展战略. 科技导报, 2005, 23(5): 53-55.
- [4] 叶红, 潘玲阳, 陈峰, 汪凯, 黄少鹏. 城市家庭能耗直接碳排放影响因素——以厦门岛区为例. 生态学报, 2010, 30(14): 3802-3811.
- [13] 王效华, 冯祯民. 中国农村生物质能源消费及其对环境的影响. 南京农业大学学报, 2004, 27(1): 108-110.
- [14] 李国柱, 牛叔文, 杨振, 张馨. 陇中黄土丘陵地区农村生活能源消费的环境经济成本分析. 自然资源学报, 2008, 23(1): 15-24.
- [15] 虞江萍, 崔萍, 王五一. 我国农村生活能源中 SO_2 、 NO_x 及 TSP 的排放量估算. 地理研究, 2008, 27(3): 547-555.
- [16] 曹鹏, 陈兴, 刘章勇. 江汉平原农业多功能性保全的 CVM 研究. 华中农业大学学报(社会科学版), 2010, (1): 32-35.
- [17] 许素, 吴宜进, 周勇. 江汉平原降水变化趋势的气候分析. 华中师范大学学报(自然科学版), 2007, 41(3): 480-483.
- [18] 杨振. 基于环境容量的能源消费碳排放空间公平性研究. 中国能源, 2010, 32(7): 25-28.
- [20] 杨振, 牛叔文, 常慧丽. 基于生态足迹模型的区域生态经济发展持续性评估. 经济地理, 2005, 25(4): 542-546.
- [22] 狄向华, 聂祚仁, 左铁镭. 中国火力发电燃料消耗的生命周期排放清单. 中国环境科学, 2005, 25(5): 632-635.
- [23] 贺成龙, 吴建华, 刘文莉. 水泥生态足迹计算方法. 生态学报, 2009, 29(7): 3549-3558.
- [24] 吴燕红, 曹斌, 高芳. 滇西北农村生活能源使用现状及生物质能源开发利用研究. 自然资源学报, 2008, 23(5): 781-788.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of emergy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

